

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Masayasu SHIMAKAGE
Title: LANE DEVIATION ALARM SYSTEM
Appl. No.: Unassigned
Filing Date: **MAR 02 2004**
Examiner: Unassigned
Art Unit: Unassigned

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

- JAPAN Patent Application No. 2003-065424 filed 03/11/2003.

Respectfully submitted,

Date **MAR 02 2004**

By 

FOLEY & LARDNER LLP
Customer Number: 22428
Telephone: (202) 672-5414
Facsimile: (202) 672-5399

Richard L. Schwaab
Attorney for Applicant
Registration No. 25,479

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 1 1 日
Date of Application:

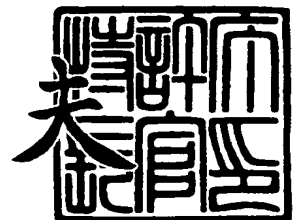
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 6 5 4 2 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 6 5 4 2 4]

出 願 人 日 産 自 動 車 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 NM02-01134

【提出日】 平成15年 3月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B60R 21/00
G06T 1/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会
社内

【氏名】 島影 正康

【特許出願人】

【識別番号】 000003997

【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100066980

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 哲也

【選任した代理人】

【識別番号】 100075579

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 嘉昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100103850

【弁理士】

【氏名又は名称】 崔 秀▲てつ▼

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001638

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9901511

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 車線逸脱警報装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車線区分線に基づく自車両の車線逸脱傾向の判定結果に基づいて車線逸脱傾向についての報知を行う車線逸脱警報装置において、

車線区分線検出手段による車線区分線の検出状態に基づいて、車線区分線に基づく自車両の車線逸脱傾向の判定基準を変更する判定基準変更手段を備えたことを特徴とする車線逸脱警報装置。

【請求項 2】 前記車線区分線検出手段が検出した自車線の両側の車線区分線に基づいて、自車両のヨー角を検出するヨー角検出手段と、

車速と所定の逸脱予測時間とを掛け算して、前方注視点位置を算出する前方注視点位置算出手段と、

前記ヨー角検出手段が検出したヨー角及び前方注視点位置算出手段が算出した前方注視点位置に基づいて、前記前方注視点位置での前方注視点横変位を算出する前方注視点横変位算出手段と、

前記前方注視点横変位算出手段が算出した前方注視点横変位に基づいて、自車両が車線逸脱傾向になるか否かを判定する車線逸脱傾向判定手段と、

前記車線逸脱傾向判定手段の判定結果に基づいて、車線逸脱傾向についての報知を行う逸脱傾向報知手段と、を備え、

前記判定基準変更手段は、前記車線区分線検出手段により自車線の両側の車線区分線のうちの片方の車線区分線しか検出できていない場合、前記前方注視点横変位の算出において前記ヨー角が及ぼす影響が小さくするように、前記逸脱予測時間を変更することを特徴とする請求項 1 記載の車線逸脱警報装置。

【請求項 3】 前記判定基準変更手段は、前記車線区分線検出手段による車線区分線の非検出頻度が高いほど逸脱傾向でないとする判定結果を出しやすくなるように、車線区分線に基づく自車両の車線逸脱傾向の判定基準を設定する方向に変更することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の車線逸脱警報装置。

【請求項 4】 前記判定基準変更手段は、前記片方の車線区分線の非検出頻度が高いほど、前記逸脱予測時間の変更量を大きくすることを特徴とする請求項

2 記載の車線逸脱警報装置。

【請求項 5】 前記車線逸脱傾向判定手段は、前記前方注視点横変位と、自車線の両側の車線区分線に対応する各閾値とを比較して自車両が車線逸脱傾向になるか否かを判定しており、

前記車線区分線検出手段により片方の車線区分線しか検出できていない時間が第 1 の所定時間続いた場合、前記閾値を変更する閾値変更手段を備えたことを特徴とする請求項 2 又は 4 に記載の車線逸脱警報装置。

【請求項 6】 前記閾値変更手段は、前記片方の車線区分線の非検出頻度が高いほど、前記閾値の変更量を大きくすることを特徴とする請求項 5 記載の車線逸脱警報装置。

【請求項 7】 検出頻度が高い方の車両区分線の当該検出結果を用いて、当該車両区分線位置及び検出頻度が低い方の車両区分線位置を修正する車両線位置予測モデルを備え、前方注視点横変位算出手段が算出する前記前方注視点横変位は、前記車両線位置予測モデルによる車両区分線位置の修正結果に連動し、かつこの連動による変化が誤差となっており、

前記閾値変更手段は、前記修正結果に連動して誤差を含むようになった前方注視点横変位を考慮して、前記閾値を決定していることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の車線逸脱警報装置。

【請求項 8】 前記車線区分線検出手段は、自車線の車線区分線を撮像するもので、その撮像環境に応じて撮像条件設定が可変とされる撮像手段であり、前記判定基準変更手段は、前記撮像手段の撮像条件設定が変更された場合、車線区分線に基づく自車両の車線逸脱傾向の判定基準を変更することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の車線逸脱警報装置。

【請求項 9】 前記車線区分線検出手段により前記自車線の両側の車線区分線のうちの片方の車線区分線しか検出できていない時間が第 2 の所定時間続いた場合、検出できない方の車線区分線に基づいた車線逸脱傾向の判定を行わないことを特徴とする請求項 5 乃至 8 のいずれかに記載の車線逸脱警報装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、路面上の走行車線の両側部を仕切る境界線を撮像して、その境界線の撮像結果に基づいて、車両が走行車線から逸脱するときにその報知をする車線逸脱警報装置に関する。

【0002】**【従来の技術】**

従来、車両の車線逸脱警報装置として、例えば特許文献1に開示されている装置が知られている。この車線逸脱警報装置は、車両が走行車線から逸脱したときに、これを警報等により運転者に報知して注意を促すように構成されている。

具体的には、車線逸脱警報装置は、路面上の走行車線の両側部を仕切る境界線を撮像する撮像手段と、この撮像手段で撮像した画像を処理することにより走行車線内における自車両の道路に対するヨー角を求めるヨー角検出手段（ヨー角推定手段）と、撮像手段で撮像した画像に基づいて前方道路曲率を推定する手段と、車両の走行状態から走行曲率を推定する手段と、これら手段からの情報に基づいて自車両の位置と車線との関係を推定して、自車両が境界線を横切って走行車線から逸脱し或いはその可能性があるときに、これを運転者に報知する報知手段とで構成されている。

このような車線逸脱警報装置により、車両が走行車線を逸脱してしまうことを未然に回避できる。

【0003】**【特許文献1】**

特開 2002-193055号公報

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

前述したように撮像手段により走行車線の両側部の境界線を撮像して、その撮像結果を利用して車線の逸脱を予測する構成の場合、白線が片側だけにしかない場合には、車両位置の推定誤差が大きくなり、誤警報が発生し易くなるといった問題があった。例えば、白線が片側だけにしかない場合、車両のピッチングやその他の影響でヨー角推定値が誤推定されて大きく変動してしまい、この結果、車

両位置の推定誤差が大きくなり、誤警報が発生し易くなるといった問題があった。

【0005】

なお、ここで白線が片側だけにしかない場合とは、高速道路のように、分流、又は合流付近のように走行車線の片側だけにしか白線がない場合や、また特にBo t t s Dotsやかすれなどにより走行車線にペイントされている白線検出点（白線候補点）数が少なくなり、片側（左右どちらか）の白線が非認識状態となるような場合がある。

【0006】

一方、片側又は両側の白線の非検出状態が所定時間続いた場合には警報を停止させることも考えられる。しかし、システムの作動時間が低下し、商品としての価値が著しく低下するといった問題が生じる。

また、警報の作動タイミングの基準として用いる閾値自体を最初から広く設定し、警報の感度を最初から弱くしておくといった方法も考えられる。しかし、このような方法では、誤警報は減少するものの、警報タイミングが遅くなるという問題が生じる。

そこで、本発明は、前述の問題に鑑みてなされたものであり、白線が片側だけしか検出できないような場合でも、誤警報の頻度を下げることができる車線逸脱警報装置の提供を目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

前述の問題を解決するために、本発明に係る車線逸脱警報装置は、車線区分線に基づく自車両の車線逸脱傾向の判定結果に基づいて車線逸脱傾向についての報知を行う車線逸脱警報装置であり、車線区分線検出手段による車線区分線の検出状態に基づいて、車線区分線に基づく自車両の車線逸脱傾向の判定基準を判定基準変更手段により変更している。

すなわち、車線区分線の検出状態に応じて判定基準を設定して、これにより、車線区分線の検出状態に応じて車線逸脱傾向の報知を作動させるようにしている。

【0008】

【発明の効果】

本発明によれば、車線区分線の検出状態に応じて車線逸脱傾向の報知が作動するので、白線が片側だけにしかない場合でも、その場合に応じて車線逸脱傾向の報知が作動するようになり、これにより、白線が片側だけにしかない場合でも、車線逸脱傾向の報知の誤警報の頻度を下げることができる。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら詳細に説明する。

第1の実施の形態は、車両の車線逸脱警報装置である。図1は、その車線逸脱警報装置の構成を示す。

車線逸脱警報装置は、この図1に示すように、走行路認識カメラ1、制御コントローラ2、車速センサ4、操舵角センサ5及び警報器7を備えている。

【0010】

走行路認識カメラ1は、図2中(A)及び(B)に示すように、室内のフロントウィンドウの上部であって、車幅方向中央位置に取り付けられている。レンズの光軸と車両中心線とのヨー角が零、レンズの光軸と車両中心線とのピッチ角が所定値 α になるように取り付けられている。この走行路認識カメラ1は、車両10の前方の数m～数10m先の路面を撮影するとともに、その撮影した画像に基づいて自車両と走行中の車線区分線との相対的な位置関係を検出する。この走行路認識カメラ1は、撮像部に例えばCCD(Charge Coupled Device)素子を備えている。

【0011】

具体的には、走行路認識カメラ1は、先ずCCDにより撮影した画像データを得る。そして、走行路認識カメラ1は、画像処理機能により、撮像した画像を処理して道路上の白線の検出等を行う。そして、走行路認識カメラ1は、画像処理機能(或いは演算処理機能)により、その道路上の実際の白線の検出結果と、道路形状及び車両挙動を表す複数のパラメータ(以下、道路パラメータという。)を用いて道路白線の形状を数学的に表現した白線モデルとが一致するように、当

該道路パラメータを経時で更新させていくことで、道路形状及び車両挙動（道路パラメータ）を推定している。走行路認識カメラ 1 は、推定した道路パラメータを制御コントローラ 2 に出力する。

【0012】

ここで、道路パラメータは、車線中心線に対する自車の重心点横変位 y_r 、車線中心線に対する自車のヨー角 ϕ_r 、車両のピッチ角 η 、走行路認識カメラ 1 の路面からの高さ h 、道路曲率（曲率半径の逆数） ρ 及び走行車線幅 w 等である。

なお、走行路認識カメラ 1 の処理内容については後で詳述する。

車速センサ 4 は、変速機の出力側の回転数や車輪の回転数を計測することで車速を検出する。車速センサ 4 は、検出した車速を車速検出信号として制御コントローラ 2 に出力する。

【0013】

操舵角センサ 5 は、運転者の操舵状況を検出するためのセンサである。具体的には、操舵角センサ 5 は、ステアリングホイールと一体で回転する図示しないステアリングシャフトの回転変位を直接又はギヤ機構等により増幅した後、ロータリエンコーダやポテンシオメータ等の角度検出機構によって操舵角検出信号として検出している。操舵角センサ 5 は、その検出した操舵角検出信号を制御コントローラ 2 に出力する。

【0014】

制御コントローラ 2 は、車両用逸脱警報装置を構成する各部の制御を行う。

具体的には、制御コントローラ 2 は、車速センサ 4 が検出した車速及び操舵角センサ 5 が検出した現在のステアリングホイールの操舵角と、走行路認識カメラ 1 から入力される道路パラメータとに基づいて所定時間経過後の自車両の車線からの逸脱傾向を予測する。ここで、前記所定時間とは、現在走行位置から所定位置までに至る時間である。そして、制御コントローラ 2 は、前記所定時間経過後の自車両の車線からの逸脱傾向を予測して、自車両の走行状況を監視しており、前記逸脱傾向の予測結果から自車両が車線から逸脱する可能性が高くなっていると判定した場合、警報器 7 に駆動信号を出力する。

【0015】

なお、制御コントローラ 2 が実行するこのような走行状況監視処理については後で詳述する。

警報器 7 は、ブザー、オーディオ装置、操舵アクチュエータ、メーター表示装置等のように、運転者の視覚、聴覚或いは触覚等に対して刺激を与える機能を有するものである。この警報器 7 が警報音出力やステアリングホイールへの振動付与、或いは警報表示等を行うことで、車両が車線から逸脱する可能性が高くなっていることを運転者に報知している。

【0016】

このように、車両用逸脱警報装置は、前記所定時間経過後の自車両の車線からの逸脱傾向を予測して、自車両の走行状況を監視し、運転者が無意識のうちに走行車線を逸脱しそうな場合、運転者の視覚、聴覚或いは触覚等に対して刺激を与えて警報することで、運転者に効果的に注意を促そうとするものである。

次に走行路認識カメラ 1 での処理を説明する。

【0017】

図 3 は、走行路認識カメラ 1 で実行される道路白線認識処理の処理手順を示す。

まず、ステップ S 1 において、前記道路パラメータを初期設定する。

ここで、図 4 に走行路認識カメラ 1 により撮像される画面及びその画面座標系を示す。この図 4 に示すような画面座標系において、白線モデルを道路パラメータを用いて下記 (1) 式及び (2) 式として表す。

【0018】

$$x = \{a - 0.5e\} (y - d) + b / (y - d) + c \quad \dots (1)$$

$$x = \{a + 0.5e\} (y - d) + b / (y - d) + c \quad \dots (2)$$

ここで、(1) 式は車両からみて右方向に対応する式であり、(2) 式は車両からみて左方向に対応する式である。また、 $a \sim e$ は道路パラメータであり、路面からの走行路認識カメラ 1 の高さを一定とすると、この道路パラメータ $a \sim e$ は、次のように、道路及び白線の形状又は車両挙動に対応するものとなる。

【0019】

a は車線内の自車両の横変位量 y_{cr} に対応し、 b は道路の曲率 ρ に対応し、 c

は自車両（走行路認識カメラ 1 の光軸）の道路に対するヨー角 ϕ_r に対応し、 d は自車両（走行路認識カメラ 1 の光軸）の道路に対するピッチ角 η に対応し、 e は道路の車線幅 W に対応する。

なお、初期状態では、道路及び白線の形状や車両挙動は不明であるから、各道路パラメータには、例えば中央値に相当する値を初期値として設定する。例えば、車線内の自車両の横変位量 y_{cr} に対応する道路パラメータ a に車線中央を設定し、道路曲率 ρ に対応する道路パラメータ b に直線の値を設定し、車線に対するヨー角 ϕ_r に対応する道路パラメータ c に 0° に設定し、車線に対するピッチ角度 η に対応する道路パラメータ d に停止状態の α を設定し、車線幅 w に対応する道路パラメータ e に道路構造令に示される高速道路の車線幅を設定する。

【0020】

具体的には、道路パラメータ a , b , c , d , e を次のように与えている。

車両に固定された実座標系 X （車両の左右方向）、 Y （車両の上下方向）、 Z （車両の前後方向）の任意の点を画面座標系 x , y に投影した場合、当該画面座標系 x , y は下記（3）式として与えられる。

$$x = -(f/Z) X, y = -(f/Z) Y \quad \dots (3)$$

ここで、 f はレンズパラメータであり、レンズの焦点距離に対応した係数である。いま、道路曲率 ρ があまり小さくなく、かつ道路面は平面であると仮定すると、 Z 方向（前方）における車両中心線（カメラ中心線）に対する道路白線の座標は（4）式及び（5）式（横方向）、並びに（6）式（上下方向）で与えられる。ただし、前記仮定はモデルの簡略化のためのものであり、モデルの次数を大きくすればより一般的な条件で成立するようになる。

【0021】

$$X = 0.5 \rho Z^2 - \phi_r Z - y_{cr} - 0.5 W \quad \dots (4)$$

$$X = 0.5 \rho Z^2 - \phi_r Z - y_{cr} + 0.5 W \quad \dots (5)$$

$$Y = \eta Z - h \quad \dots (6)$$

ここで、（4）式は車両からみて右方向に対応する式であり、（5）式は車両からみて左方向に対応する式である。そして、前記（3）式及びこの（4）式～（6）式から X , Y , Z を消去することにより、下記（7）式及び（8）式が得

られる。

【0022】

$$x = (y_{cr} + 0.5W) \cdot (y + f \eta) / h + f \phi_r - 0.5 f^2 \rho h / (y + f \eta) \quad \dots (7)$$

$$x = (y_{cr} - 0.5W) \cdot (y + f \eta) / h + f \phi_r - 0.5 f^2 \rho h / (y + f \eta) \quad \dots (8)$$

ここで、(7)式は車両からみて右方向に対応する式であり、(8)式は車両からみて左方向に対応する式である。

【0023】

そして、各変数の中で最も変動の小さい車線幅Wを一定として(7)式及び(8)式を用いて各パラメータを正規化することで、自車両の横変位量 y_{cr} 、道路曲率 ρ 、ヨー角 ϕ_r 、ピッチ角 η 及び車線幅Wを、下記(9)式として得ることができる。

$$y_{cr} = W \cdot a / e, \quad \rho = 2b \cdot e / (f^2 \cdot h), \quad \phi_r = c / f, \quad h = W \cdot e \quad \dots (9)$$

このように、道路パラメータ a 、 b 、 c 、 d 、 e を与えることができる。前記ステップS1では、このような道路パラメータの初期設定をしているのである。

【0024】

続いてステップS2において、例として示す図5のように、白線候補点を検出するための小領域(検出領域)の大きさの初期設定を行う。例えば、図5に示す例のように、左右の白線に5箇所ずつ、計10箇所の白線候補点検出領域を設定する。

初期設定の際には、前記ステップS1において道路パラメータに初期値を設定して得た白線モデルと、実際の画面上の道路白線との間には大きな開きがあると予想される。このことから、できる限り大きな領域を検出領域として設定することが望ましい。

【0025】

言い換えれば、前回の処理までに道路白線が既に検出されている場合には、実際の道路白線と白線モデルとの差は小さいと考えられる。このことから、図5と

比較してわかるように、図 6 に示すように検出領域をなるべく小さい領域として設定する。このように、検出領域をなるべく小さい領域として設定すれば、白線以外のものを誤検出する可能性を低くし、さらに処理速度を向上させることができる。

【0026】

続いてステップ S 3 において、走行路認識カメラ 1 の画像処理機能で得た画像を入力する。

続いてステップ S 4 において、前記ステップ S 3 で画像処理装置 2 から入力した画像情報の道路画像上に、前記ステップ S 2 で得た白線候補点検出領域を設定する。このとき、前記ステップ S 2 で得た白線候補点検出領域と前記ステップ S 1 の初期設定の道路パラメータ或いは後述のステップ S 9 で補正した道路パラメータによる白線モデルとに基づいて、白線候補点検出領域を設定する。具体的には、図 7 に示すように、白線モデルがその領域の中心に位置されるように、画像上に白線候補点検出領域を設定する。この図 7 に示す例では、左右の白線に 5 個ずつ計 10 個の白線候補点検出領域を設定している。なお、過去の白線モデルの変化の傾向を取得し、その取得した白線モデルの変化傾向に基づいて、その白線モデルの変化方向でオフセットした位置に白線候補点検出領域を設定してもよい。

【0027】

続いてステップ S 5 において、白線候補点検出領域内での白線候補点の検出を行う。

この白線候補点の検出では、先ず入力画像を s o b e l フィルター等を通して、微分画像を生成する。次に、白線候補点検出領域の上底の一点と下底の一点とを結んでできる全ての線分に対し、図 8 に示すように、その線分上の画素の濃度が所定値以上の画素の数を計測する。そして、全ての線分の中で、濃度が前記所定値以上である画素の数が最も多い線分を検出直線とし、その検出直線（線分）の始点と終点とを白線候補点とする。このとき、直線上で検出した所定値以上の濃度の画素数が、検出領域の長さに対する所定の割合よりも少ない場合には、白線候補点が検出されなかったものとみなす。

【0028】

例えば、白線候補点検出領域の長さが15画素で、所定値以上の濃度の画素の数が所定の割合として $1/2$ 以上、すなわちこの場合、8画素以上検出されれば、当該白線候補点検出領域で白線候補点が検出されたことになる。この場合、白線候補点検出領域内での線分の始点と終点とを白線候補点の検出結果とする。一方、所定値以上の濃度の画素の数が最も多い線分上における画素数が7画素未満の場合、その白線候補点検出領域において、白線候補点が検出されなかったことになる。

【0029】

以上の処理を全ての白線候補点検出領域に対して実行する。例えば、前述したように左右の白線に5個ずつで計10個の白線候補点検出領域を設定した場合には、その10個の白線候補点検出領域で以上のような処理を実行する。

なお、このとき、白線候補点の検出の有無を判断するための検出領域の長さに対する前記所定の割合は、全ての領域に対して同一に設定してもよく、白線候補点検出領域毎に設定してもよい。また、前記画素の濃度の所定値も全ての検出領域に対して同一としてもよく、白線候補点検出領域毎に変えてもよい。

【0030】

続いてステップS6において、全ての白線候補点検出領域で検出した白線候補点の数が所定数以上か否かを確認する。ここで、その白線候補点の数が所定数よりも少ない場合、白線候補点検出領域内に道路白線が含まれていなかったと判断し、前記ステップS2へ戻り、前述の白線候補点検出領域の大きさの初期設定をする。一方、白線候補点の点数が所定数以上の場合、ステップS7に進む。

【0031】

ステップS7では、図9に示すように、検出した白線候補点と前回の処理で求めた白線モデル上の点とのずれ量を各点毎に算出する。

続いてステップS8において、各点のずれ量に基づいて道路パラメータの変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ を算出する。この変動量の算出方法は、例えば、特開平8-5388号公報に示されるように最小二乗法により算出する方法を用いる。

【0032】

続いてステップ S 9 において、前記ステップ S 8 で算出した道路パラメータの変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ を用いて、道路パラメータ $a \sim e$ を補正する。例えば、前記 (1) 式や (2) 式に示す白線モデルの場合には、下記 (10) 式により道路パラメータ $a \sim e$ を補正する。

$$\begin{aligned} a &= a + \Delta a, \quad b = b + \Delta b, \quad c = c + \Delta c, \quad d = d + \Delta d, \quad e = e + \Delta e \\ &\dots (10) \end{aligned}$$

そして、このように変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ で補正した道路パラメータ $a \sim e$ を新たな白線モデルの道路パラメータ $a \sim e$ とし、メモリ等の所定の記憶領域に記憶するとともに、前記 (9) 式を用いて道路パラメータ $a \sim e$ を実際の物理量に変換した値もメモリ等に記憶する。そして、前記ステップ S 3 へ戻り、前述の処理を繰り返し行う。

【0033】

走行路認識カメラ 1 は以上のような処理を行う。そして、このような処理で走行路認識カメラ 1 により検出した白線モデルの道路パラメータ $a \sim e$ が制御コントローラ 2 に出力される。そして、制御コントローラ 2 では、道路パラメータ $a \sim e$ に基づいて、自車両の走行状況に応じて警報を発生させる走行状況監視処理を行う。

【0034】

なお、ここで、前述した道路パラメータ $a \sim e$ の演算について説明を加えておく。詳しくは特開平 8-005388 号公報で開示されているが、以下の説明は、その概略になる。

路面画像上の道路構造が時間軸に対して滑らかに変化すると仮定する。そして、前記図 9 が、前時刻と現時刻とにおける白線の変化を示すものとなる。例えば、50～100 msec 間隔で路面画像を取り込み、その取り込んだ路面画像から複数の白線部分を取り出して、 $x-y$ 座標値を求め、リアルタイムで道路パラメータを推定する。道路パラメータの推定は、1 フレーム前の路面画像から求めた前回の白線位置と現在のフレームの白線位置とを比較する手法による。前回求めた道路パラメータ $a \sim e$ の変動量を $\Delta a \sim \Delta e$ と仮定すると、路面画像 (x, y) における i 番目の白線の j 個目の点 x_{ij} の微小変動量は、2 次以上の項を無視

すれば、taylorの定理によって、下記(11)式で表せる。

【0035】

$$\begin{aligned} \Delta x_{ij} &= A'_{ij} \Delta a + B'_{ij} \Delta b + C'_{ij} \Delta c + D'_{ij} \Delta d + E'_{ij} \Delta e \\ A'_{ij} &= \partial x_{ij} / \partial a, B'_{ij} = \partial x_{ij} / \partial b, C'_{ij} = \partial x_{ij} / \partial c, D'_{ij} = \partial x_{ij} / \partial d, E'_{ij} = \partial x_{ij} / \partial e \\ &\dots (11) \end{aligned}$$

ここで、添え字 i が 0 又は 1 という値をとり、添え字 j が検出された白線候補点を識別する整数である。ここで、 $i = 0$ が右白線を示し、 $i = 1$ が左白線を示すものであるとした場合、前記(1)式及び(2)式となり、前記(1)式及び(2)式は、下記(12)式及び(13)式として示される。

【0036】

$$x_{0j} = \{a - 0.5e\} (y_{0j} - d) + b / (y_{0j} - d) + c \dots (12)$$

$$x_{1j} = \{a + 0.5e\} (y_{1j} - d) + b / (y_{1j} - d) + c \dots (13)$$

なお、添え字 i は、前述したように 2 値のみになるとは限らず、例えば隣車線の外側の白線まで検出できるような場合には、0～3 の整数値をとるなど、検出しようとする白線によって、設定変更が可能とされている。

【0037】

前記変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ の推定には、最小二乗法を用いている。先ず、路面画像 (x, y) における i 番の白線の j 個目の点において、1 フレーム前の路面画像から求めた前回の白線位置と現在のフレームの白線位置との誤差は、下記(14)として表せる。

白線候補点検出時

$$K_{ij} = x_{newij} - x_{oldij}$$

白線候補点非検出時

$$K_{ij} = 0$$

$$\dots (14)$$

ここで、 x の添え字 new は、 x_{ij} の値が現在のフレームの値であることを意

味し、 x の添え字 old は、 x_{ij} の値が 1 フレーム前の値であることを意味する。

【0038】

いま、誤差評価関数として、下記 (15) 式を定義する。

$$J_{total} = J_{model} + J_{smooth} \quad \dots (15)$$

ここで、 J_{model} 及び J_{smooth} は、下記 (16) 式及び (17) 式として示すことができる。

【0039】

【数1】

$$J_{model} = \sum_{j=1}^n p_j \{ \Delta x_{0j} - K_{0j} \}^2 + \sum_{j=1}^n p_j \{ \Delta x_{1j} - K_{1j} \}^2 \quad \dots (16)$$

【0040】

$$J_{smooth} = S \Delta_a \Delta_a^2 + S \Delta_b \Delta_b^2 + S \Delta_c \Delta_c^2 + S \Delta_d \Delta_d^2 + S \Delta_e \Delta_e^2 \quad \dots (17)$$

ここで、整数 n を 1 本の白線に対する白線候補点の数の上限値に設定している。

前記 (16) 式は、前回の検出結果 x_{ij-1} と新たに検出された結果 x_{ij} との差によって定義される評価誤差関数であり、(16) 式中の P_{ij} は、白線候補点の確からしさを表す。また、前記 (17) 式は、パラメータが時間軸方向に滑らかに移動するという仮定を表現した評価差関数であって、 S は重み係数である。

【0041】

そして、前記 (15) 式に示す誤差評価関数 J_{total} の全ての要素は、必ず最小値を持ち、かつ誤差の増加とともに単調に増加する関数であるから、 J_{total} の極値を算出すれば、変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ が得られる。その変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ は下記 (18) 式の連立方程式を解くことにより求めることができる。

【0042】

【数 2】

$$\left[\frac{\partial J_{\text{total}}}{\partial \Delta a} \frac{\partial J_{\text{total}}}{\partial \Delta b} \frac{\partial J_{\text{total}}}{\partial \Delta c} \frac{\partial J_{\text{total}}}{\partial \Delta d} \frac{\partial J_{\text{total}}}{\partial \Delta e} \right]^T = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]^T \quad \dots \quad (18)$$

【0 0 4 3】

いま、前記 (18) 式における、誤差評価関数の全ての偏微分は下記 (19) 式として得られる。

【0 0 4 4】

【数 3】

$$\begin{aligned} \frac{\partial J_{\text{total}}}{\partial \Delta a} &= \frac{\partial J_{\text{model}}}{\partial \Delta a} + \frac{\partial J_{\text{smooth}}}{\partial \Delta a} \\ &= 2 \sum_{j=1}^n p_j \{ \Delta x_{0j} - K_{0j} \} \frac{\partial \Delta x_{0j}}{\partial \Delta a} \\ &\quad + 2 \sum_{j=1}^n p_j \{ \Delta x_{1j} - K_{1j} \} \frac{\partial \Delta x_{1j}}{\partial \Delta a} + 2 S_{\Delta a} \Delta a \\ &= 2 \left\{ \sum_{j=1}^n p_j A'_{0j} \{ \Delta x_{0j} - K_{0j} \} + \sum_{j=1}^n p_j A'_{1j} \{ \Delta x_{1j} - K_{1j} \} + S_{\Delta a} \Delta a \right\} \\ &\quad \vdots \\ \frac{\partial J_{\text{total}}}{\partial \Delta e} &= 2 \left\{ \sum_{j=1}^n p_j E'_{0j} \{ \Delta x_{0j} - K_{0j} \} + \sum_{j=1}^n p_j E'_{1j} \{ \Delta x_{1j} - K_{1j} \} + S_{\Delta e} \Delta e \right\} \\ &\quad \dots \quad (19) \end{aligned}$$

【0 0 4 5】

この (19) 式の全ての式を連立して、前記 (18) のような行列を計算式で記述すると、(20) 式のようになる。

【0 0 4 6】

【数 4】

$$\{S_w + S_s\} [\Delta a \ \Delta b \ \Delta c \ \Delta d \ \Delta e]^T - S_k = 0 \quad \dots \quad (20)$$

【0 0 4 7】

ここで、 S_w 、 S_k 及び S_s は列ベクトルであり、それぞれ、下記 (21) 式、(22) 式及び (23) 式として示すことができる。

【0048】

【数5】

$$S_w = \sum_{j=1}^n \{ p_j [A'_{0j} B'_{0j} C'_{0j} D'_{0j} E'_{0j}]^T [A'_{0j} B'_{0j} C'_{0j} D'_{0j} E'_{0j}] \} \\ + \sum_{j=1}^N \{ p_j [A'_{1j} B'_{1j} C'_{1j} D'_{1j} E'_{1j}]^T [A'_{1j} B'_{1j} C'_{1j} D'_{1j} E'_{1j}] \} \\ \dots (21)$$

【0049】

【数6】

$$S_k = \sum_{j=1}^n \{ p_j [A'_{0j} B'_{0j} C'_{0j} D'_{0j} E'_{0j}]^T K'_{0j} \} \\ + \sum_{j=1}^N \{ p_j [A'_{1j} B'_{1j} C'_{1j} D'_{1j} E'_{1j}]^T K'_{1j} \} \\ \dots (22)$$

【0050】

【数7】

$$S_s = \begin{bmatrix} S_{\Delta a} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_{\Delta b} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{\Delta c} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_{\Delta d} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S_{\Delta e} \end{bmatrix} \\ \dots (23)$$

【0051】

前記(20)式を満足する変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ は(21)式及び(23)式の和が逆行列を持つ場合にのみ、下記(24)式を用いて求めることができる。

【0052】

【数8】

$$[\Delta a \ \Delta b \ \Delta c \ \Delta d \ \Delta e]^T = (S_w + S_s)^{-1} S_k \\ \dots (24)$$

【0053】

このように求めた変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ を用いて道路パラメータ $a \sim e$ を補正していき、道路パラメータ $a \sim e$ を更新していく。

なお、ここでは、最小二乗法による手法を用いてパラメータ $a \sim e$ を修正した場合について説明したが、拡張カルマンフィルタなどの非線形系に対するパラメ

ータ推定手段などを用いてもよい。

【0054】

以上が、道路パラメータ $a \sim e$ の演算についての説明である。

次にその制御コントローラ 2 による走行状況監視処理について説明する。図 10 は、その走行状況監視処理の処理手順を示す。

先ずステップ S 2 1 において、新たな白線モデルの道路パラメータとして記憶されている白線モデルの道路パラメータ y_{cr} 、 ρ 、 ϕ_r を取り込む。また、右白線非検出フラグ $flag_r$ 及び左白線非検出フラグ $flag_l$ を読み込む。右白線非検出フラグ $flag_r$ は、走行路認識カメラ 1 が右側の白線を検出（撮像）したことを示すフラグであり、右側の白線を検出している場合には“1”になり、右側の白線を検出していない場合には“0”になる。また、左白線非検出フラグ $flag_l$ は、走行路認識カメラ 1 が左側の白線を検出（撮像）したことを示すフラグであり、左側の白線を検出している場合には“1”になり、左側の白線を検出していない場合には“0”になる。

【0055】

続いてステップ S 2 2 において、車両走行状態データを取り込む。ここで取り込む車両走行状態データは、車速センサ 4 で検出した車速 V と操舵角センサ 5 で検出した現在のステアリングホイールの操舵角 θ とである。

続いてステップ S 3 0 において、白線非検出頻度の算出処理を行う。図 11 は、その白線非検出頻度算出処理の処理手順を示す。

先ずステップ S 3 1 において、白線非検出頻度算出用に用いる頻度算出用時間 T_f (sec) を設定する。

【0056】

続いてステップ S 3 2 において、右白線非検出頻度 F_{rh} を算出する。具体的には、現在から過去の前記頻度算出用時間 T_f までの間における右白線非検出フラグ $flag_r$ を読み込む。そして、右白線非検出フラグ $flag_r$ を用いて、現在から過去の頻度算出用時間 T_f までの間、すなわち所定時間区間における移動平均処理によって、現在から過去の頻度算出用時間 T_f までの間についての右白線非検出頻度 F_{rh} を算出する。右白線非検出頻度 F_{rh} は、現在から過

去の頻度算出用時間 T_f までの間に、右側の白線を検出することができなかった頻度となる。

ここで、演算のサンプリング時間を ΔT とすると、右白線非検出頻度 $Frh(t)$ は移動平均処理を示す下記 (25) 式により与えられる。

【0057】

【数9】

$$Frh(t) = \frac{\Delta T}{T_f} \sum_{k=0}^{T_f/\Delta T} \{flag_r(t-k\Delta T)\} \quad \dots (25)$$

【0058】

続いてステップ S33 において、左白線非検出頻度 Flh を算出する。具体的には、現在から過去の前記頻度算出用時間 T_f までの間における左白線非検出フラグ $flag_l$ を読み込む。そして、左白線非検出フラグ $flag_l$ を用いて、現在から過去の頻度算出用時間 T_f までの間、すなわち所定時間区間における移動平均処理によって、現在から過去の頻度算出用時間 T_f までの間についての左白線非検出頻度 Flh を算出する。左白線非検出頻度 Flh は、現在から過去の頻度算出用時間 T_f までの間に、左側の白線を検出することができなかった頻度となる。

ここで、演算のサンプリング時間を ΔT とすると、左白線非検出頻度 $Flh(t)$ は移動平均処理を示す下記 (26) 式により与えられる。

【0059】

【数10】

$$Flh(t) = \frac{\Delta T}{T_f} \sum_{k=0}^{T_f/\Delta T} \{flag_l(t-k\Delta T)\} \quad \dots (26)$$

【0060】

以上がステップ S30 における白線非検出頻度算出処理である。このようにステップ S30 で白線非検出頻度算出処理を行い、図 10 に示すステップ S40 に進む。

ステップ S40 では、走行中の車両の逸脱予測時間 T_{ttlc} の設定処理を行う。

ここで、逸脱予測時間 T_{ttlc} とは、現在の走行状態（車線に対する車両の横変

位やヨー角)に基づいて、逸脱が予測される現時点からの時間である。ここで、規定する逸脱とは、走行車線を区分する白線と車両の前輪が交差するなどして、車両が車線からはみ出すような状態に至る状況をいう。

【0061】

そして、このような逸脱予測時間 T_{t1c} を、警報のタイミングを規定するパラメータとして設定する。これにより、逸脱予測時間 T_{t1c} を警報のタイミングとして用いることで、逸脱予測時間 T_{t1c} 後に逸脱が予想されるような場合に警報が作動するようになる。よって、逸脱予測時間 T_{t1c} を基準として、適切なタイミングで車線逸脱の警報を行うことができる。

【0062】

例えば、運転者が警報に気付いてから 1.0 秒以内に適切な逸脱回避操作を完了できるような場合には、逸脱予測時間 T_{t1c} を 1.0 秒に設定する。これにより、運転者は、警報に気付いてから逸脱回避操作を行うことで、適切に逸脱回避を完了させることができるようになる。

このような逸脱予測時間 T_{t1c} の設定について、図 12 を用いて説明する。

【0063】

先ずステップ S41 において、前記ステップ S32 及びステップ S33 で算出した右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ と左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ とのうち、その値が大きい方を判定する。ここで、右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ の方が大きい場合 (右白線非検出頻度 $F_{rh}(t) > 左白線非検出頻度 F_{lh}(t)$)、ステップ S42 に進み、左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ の方が大きい場合、(左白線非検出頻度 $F_{lh}(t) \geq 右白線非検出頻度 F_{rh}(t)$)、ステップ S43 に進む。

【0064】

ステップ S42 では下記 (27) 式により逸脱予測時間 T_{t1c} を算出する。

$F_{rh}(t) < F_{lo}$ の場合

$$T_{t1c} = T_{t1c1}$$

$F_{lo} \leq F_{rh}(t) < F_{hi}$ の場合

$$T_{t1c} = T_{t1c1} \cdot ((F_{hi} - F_{rh}(t)) / (F_{hi} - F_{lo}))$$

$F_{hi} \leq F_{rh}(t)$ の場合

$$T_{ttlc} = 0$$

・・・ (27)

ここで、 T_{ttlc1} は、0 よりも大きい固定値であり、 F_{lo} は頻度最低値であり、 F_{hi} は頻度最高値である。この (27) 式により、右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ が頻度最低値 F_{lo} よりも小さい場合には、逸脱予測時間 T_{ttlc} を固定値 T_{ttlc1} に設定する。また、右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ が頻度最低値 F_{lo} 以上であり、かつ頻度最高値 F_{hi} 未満である場合には、その右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ に応じて逸脱予測時間 T_{ttlc} を設定する。また、右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ が頻度最低値 F_{lo} 以上の場合には、逸脱予測時間 T_{ttlc} を 0 に設定する。

【0065】

また、ステップ S43 では下記 (28) 式により逸脱予測時間 T_{ttlc} を算出する。

$F_{lh}(t) < F_{lo}$ の場合

$$T_{ttlc} = T_{ttlc1}$$

$F_{lo} \leq F_{lh}(t) < F_{hi}$ の場合

$$T_{ttlc} = T_{ttlc1} \cdot ((F_{hi} - F_{lh}(t)) / (F_{hi} - F_{lo}))$$

$F_{hi} \leq F_{lh}(t)$ の場合

$$T_{ttlc} = 0$$

・・・ (28)

ここで、前述したように、 T_{ttlc1} は、0 よりも大きい値の固定値であり、 F_{lo} は頻度最低値であり、 F_{hi} は頻度最高値である。この (28) 式により、左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ が頻度最低値 F_{lo} よりも小さい場合には、逸脱予測時間 T_{ttlc} を固定値 T_{ttlc1} に設定する。また、左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ が頻度最低値 F_{lo} 以上であり、かつ頻度最高値 F_{hi} 未満である場合には、その左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ に応じて逸脱予測時間 T_{ttlc} を設定する。また、左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ が頻度最低値 F_{lo} 以上の場合には、逸脱予測時間 T_{ttlc} を 0 に設定する。

【0066】

以上がステップS40における逸脱予測時間設定処理である。

前述したように、撮像画像中の境界部分をなす白線候補点に基づいて、白線の有無を判断しており、そして、その白線の有無の結果が前記右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ や左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ になる。そして、前述したステップS40では、この右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ や左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ に基づいて逸脱予測時間 T_{ttlc} を設定している。よって、結果として、撮像画像中の白線候補点に基づいて逸脱予測時間 T_{ttlc} が設定されていることになる。

【0067】

このようにステップS40の逸脱予測時間設定処理により左右の白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ 、 $F_{lh}(t)$ に基づいて逸脱予測時間 T_{ttlc} を設定し、図10に示すステップS23に進む。

なお、ここでは(27)式や(28)式により、逸脱予測時間 T_{ttlc} を右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ や左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ の一次関数として示しているが、これに限定されるものではない。逸脱予測時間 T_{ttlc} は左右の白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ 、 $F_{lh}(t)$ の一次関数になることに限らず、逸脱予測時間 T_{ttlc} は、左右の白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ 、 $F_{lh}(t)$ が増加するにつれて単調に減少するようなものであれば良い。

【0068】

ステップS23では、前記ステップS40で設定した逸脱予測時間 T_{ttlc} を用いて下記(29)式により前方注視点距離 L_s を算出する。

$$L_s = V \times T_{ttlc} \quad \cdots (29)$$

続いてステップS24において、前記ステップS23で算出した前方注視点距離 L_s の位置における前方注視点横変位推定値 y_s を下記(30)式により算出する。

$$y_s = y_{cr} + L_s \phi_r = y_{cr} + (V \times T_{ttlc}) \phi_r \quad \cdots (30)$$

【0069】

この前方注視点横変位推定値 y_s は、図13に示すように、前方注視点距離 L_s の位置における車両の道路中心からの横変位を意味している。ここで前記ステッ

プ S 2 3 で得た前方注視点距離 L_s が車速と逸脱予測時間 T_{ttlc} との積であることから、前方注視点横変位推定値 y_s は、現在から逸脱予測時間 T_{ttlc} 後までに車両が走行する横方向の距離（予測距離）を示すものとなる。例えば道路が略直線路であれば、前方注視点横変位推定値 y_s は、その値が大きい程、車両が車線逸脱傾向にあることを直接的に示すものとなる。しかし、道路が曲線路である場合には、そのまま適用することができない。このようなことから、道路が曲線路の場合、次のような考え方により車線逸脱傾向にあるかどうかを判定する。

【0070】

すなわち、車体横すべり角 β （車体の向きと車両の進行方向のずれ）を補正することで、曲線路での車線逸脱傾向を判定する。

図 1 4 は、車体横すべり角 β を考慮することの理由を説明するための図である。

図 1 4 中（A）及び（B）は同じ道路曲率でありながら、どちらの車両も一定旋回状態にあり、かつきれいに車線内中央をラインどりしながら走行して行く場合を示す。また、図 1 4 中（B）に示す車両は、図 1 4 中（A）に示す車両の車速より高速で走行している。このように、図 1 4 中（A）に示す車両と図 1 4 中（B）に示す車両とでは車速が違うが、どちらの車両も、一定旋回状態にあり、かつきれいに車線内中央をラインどりしながら走行しており、車線逸脱しないという意味では両者ともに理想的な車両走行状態にある。よって、車両逸脱傾向でみた場合、図 1 4 中（A）に示す車両の走行状態と図 1 4 中（B）に示す車両の走行状態とは同じく評価する必要がある。

【0071】

例えば、一般的なアンダーステア特性を持つ車両では、同一車両であっても車速が高速になるに従いコーナの I N 側（旋回内側）に車体横すべり角 β を持つようになる。

すなわち、図 1 5 に示すように、ニュートラルステア特性（図中の N S 特性）を持つ車両が一定の実舵角で定常円旋回する場合、速度と共に直線的に旋回角速度が増大する。また、アンダーステア特性（図中の U S 特性）を持つ車両であれば、あるところまでは速度と共に旋回角速度も増大するが、ある値以上になるこ

とはない。しかし、車両重心点の横すべり角 β は、図 1 6 に示すように、車速の二乗に比例してその絶対値が増大する。このように、車両重心点の横すべり角 β は車両のステア特性の如何にかかわらず速度と共に変化するが、その理由は、車両が走行速度に応じた遠心力と釣り合う横力を得なければならないからである。

【0 0 7 2】

車両重心点の横すべり角 β は、車両の前後方向と車両重心点の進行方向、つまり旋回円の接線方向のなす角であり、定常円旋回における旋回円に対する車両の姿勢を示す。この横すべり角 β が速度と共に負となり、その絶対値が増すということは、車両は、速度が増すほど車頭を旋回円の内側にして円旋回をする傾向を強くすることを示すものである。（『自動車の運動と制御（第3刷）』安部正人著、平成8年5月31日山海堂発行のP 6 9～P 7 0参照）。

【0 0 7 3】

このようなことから、図 1 4 中（A）に示す車両の車速が 5 0～6 0 km/h、図 1 4 中（B）に示す車両の車速が 1 0 0 km/h というように、車速に差がある場合には、前述した前方注視点横変位推定値 y_s の意味合いが異なるものになる。

このようなことから、続くステップ S 2 5 において、車体横すべり角 β を、例えば、下記（3 1）式を用いて、車両モデル同定値及び車速 V 、実操舵角 δ 、道路曲率 ρ により推定している。

【0 0 7 4】

【数 1 1】

$$\begin{bmatrix} \beta \\ \delta \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{bmatrix} [\gamma] \quad \dots \dots (31)$$

ここで

$$\begin{aligned} a_{11} &= \frac{C_f + C_r}{mV}, \quad a_{12} = -\frac{C_f}{mV} \\ a_{21} &= \frac{l_f C_f + l_r C_r}{I}, \quad a_{22} = -\frac{l_f C_f}{I} \\ b_{11} &= \frac{l_r C_r - l_f C_f}{mV^2} - 1, \quad b_{21} = \frac{l_r^2 C_r - l_f^2 C_f}{IV} \\ \gamma &= V\rho \end{aligned}$$

【0 0 7 5】

また、 I は車両ヨー慣性モーメントであり、 m は車両重量であり、 l_f は重心と前輪車軸間距離であり、 l_r は重心と後輪車軸間距離であり、 C_f は前輪コーナリングパワー（2輪分）であり、 C_r は後輪コーナリングパワー（2輪分）であり、 V は車速であり、 γ はヨーレートであり、 δ は前輪実操舵角であり、 β は横すべり角であり、 ρ は道路曲率である。

【0076】

続いてステップ S26 において、前方注視点横変位推定値 y_s を車体横すべり角 β を用いて補正する。つまり、前方注視点距離 L_s と車体横すべり角 β との積（ $L_s \times \beta$ ）を前方注視点横変位推定値の補正值として、この補正值（ $L_s \times \beta$ ）を用いて補正值の前方注視点横変位推定値（車線逸脱の評価点） y'_s を下記（32）式により設定する。

【0077】

$$y'_s = y_s + L_s \beta \quad \cdots (32)$$

この（32）式は、補正值の前方注視点横変位推定値 y'_s が、補正前の前方注視点横変位推定値 y_s から補正值分（ $L_s \times \beta$ ）だけ変更されていることを意味している。

続いてステップ S50 において、前記前方注視点横変位推定値 y'_s と所定の閾値 Y_{th_r} 及び Y_{th_l} とを比較し、自車両が車線逸脱傾向にあるか否かを判定する。

【0078】

図17は、その車線逸脱傾向の判定処理の処理手順を示す。

先ずステップ S51 において、前方注視点距離 L_s の位置における前方注視点横変位推定値 y'_s と所定の閾値（以下、右側逸脱判定用閾値という。） Y_{th_r} とを比較することで、右車線への逸脱傾向にあるかどうかを判定する。右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} は、例えば所定値（固定値） Y_{th1} に設定されている。

【0079】

具体的には、前方注視点横変位推定値 y'_s が右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 未滿か否かを判定する。ここで、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} は、予め行われた実験等で得ている値である。例えば、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} は固定値である

。

このステップ S 5 1 で前方注視点横変位推定値 y'_s が右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 未満の場合、右車線への逸脱傾向にあるとして、ステップ S 5 2 に進み、ステップ S 5 1 で前方注視点横変位推定値 y'_s が右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 以上の場合、ステップ S 5 3 に進む。

【0080】

ステップ S 5 2 では、右用の逸脱警報指令を出力する。そして、当該図 17 に示す処理を終了する。また、ステップ S 5 3 では右用の逸脱警報指令を停止する。そして、ステップ S 5 4 に進む。

ステップ S 5 4 では、前記前方注視点横変位推定値 y'_s と所定の閾値（以下、左側逸脱判定用閾値という。） Y_{th_l} とを比較することで、左車線への逸脱傾向にあるかどうかを判定する。左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} は、例えば右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} と同じ所定値（固定値） Y_{th1} に設定されている。

【0081】

具体的には、前方注視点横変位推定値 y'_s が左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} 未満か否かを判定する。ここで、左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} は、予め行われた実験等で得ている値である。例えば、左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} は固定値である。

。

このステップ S 5 4 で前方注視点横変位推定値 y'_s が左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} 未満の場合、左車線への逸脱傾向にあるとして、ステップ S 5 5 に進み、ステップ S 5 4 で前方注視点横変位推定値 y'_s が左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} 以上の場合、ステップ S 5 6 に進む。

【0082】

ステップ S 5 5 では、左用の逸脱警報指令を出力する。そして、当該図 17 に示す処理を終了する。また、ステップ S 5 6 では右用の逸脱警報指令を停止する。そして、当該図 17 に示す処理を終了する。

以上が走行状況監視処理についての説明である。

次の作用及び動作を説明する。

【0083】

作用及び動作について、図 18 に示すタイミングチャートを用いて説明する。

図 18 中 (A) は、走行路認識カメラ 1 による左側の白線の検出 (撮像) 状態を示す左白線非検出フラグ f_{lag_l} の変化を示す。また、図 18 中 (B) は、走行路認識カメラ 1 による右側の白線の検出 (撮像) 状態を示す右白線非検出フラグ f_{lag_r} の変化を示す。

【0084】

本例では、いま、図 18 中 (B) に示すように、右側の白線の検出と非検出とを繰り返している場合を想定する。この場合、図 18 中 (B) に示すように、右白線非検出フラグ f_{lag_r} は短時間の内に “0” と “1” との値で変動する。

このとき、前記ステップ S 30 の白線非検出頻度算出処理において、所定時間区間における右白線非検出フラグ f_{lag_r} の移動平均処理により算出した右白線非検出頻度 F_{rh} は図 18 (C) に示すように変化する。本例では、右白線非検出頻度 F_{rh} は、右白線非検出フラグ f_{lag_r} が “0” と “1” とで変動し始めたときに、0 から増加し始め、右白線非検出フラグ f_{lag_r} が “0” と “1” との変動時間がある程度経過したときに、頻度最高値 F_{hi} に達し、その後右白線非検出フラグ f_{lag_r} の “0” と “1” との変動がなくなるとともに、減少する。

【0085】

そして、前記ステップ S 40 の逸脱予測時間設定処理では、右白線非検出頻度 F_{rh} 又は左白線非検出頻度 F_{lh} に基づいて逸脱予測時間 T_{ttlc} を設定する。本例では、右白線非検出頻度 F_{rh} の方が高くなっているため、この右白線非検出頻度 F_{rh} に基づいて逸脱予測時間 T_{ttlc} を設定する。また、前述したように、逸脱予測時間 T_{ttlc} を右白線非検出頻度 F_{rh} に比例的に算出しているため (前記 (27) 式)、設定される逸脱予測時間 T_{ttlc} は図 18 中 (D) のように変化する。具体的には、逸脱予測時間 T_{ttlc} は、右白線非検出頻度 F_{rh} が増加し始めると当初の値の固定値 T_{ttlc1} から減少し始め、右白線非検出頻度 F_{rh} が頻度最高値 F_{hi} に達すると 0 になり、その後の右白線非検出頻度 F_{rh} が減少し始めると増加し始める。

【0086】

そして、前記ステップS23の前方注視点距離算出処理では、前記(29)式により前方注視点距離 L_s を算出し、続くステップS24の前方注視点横変位算出処理では、前記(16)式により、その前方注視点距離 L_s の位置における前方注視点横変位推定値 y_s を算出する。

さらに、前方注視点横変位推定値 y_s を車体横すべり角 β を用いて補正する。すなわち、先ず前記ステップS25の車体横すべり角算出処理において、前記(31)式により車体横すべり角 β を算出する。続いて、ステップS26において、前記(32)式により前方注視点距離 L_s 及び車体横すべり角 β を用いた前方注視点横変位推定値 y_s を補正して、前方注視点横変位推定値 y'_s を得る。

【0087】

そして、前記ステップS50において、前方注視点横変位推定値 y'_s と所定の閾値 Y_{th_r} 及び Y_{th_l} とを比較し、自車両が車線逸脱傾向にあるか否かを判定する。その判定結果に応じて、右用又は左用の逸脱警報指令を出力する。

次に効果を説明する。

ここで、走行中の車両運動を考える。走行中の車両は常にピッチングやバウンス運動を伴うものである。ピッチングについては、例えば車両の加減速動作の際に発生する。

【0088】

この場合、前後の車輪には独立に上下方向の外乱が入力されるため、単純な上下方向のバウンス量は比較的安定する。しかし、ピッチ角 η は常に大きな値で変動することになる。このピッチ角 η は、走行路認識カメラ1でスクリーン上(CD上)に投影される白線の間隔の差となって撮像画像に現れるので、左右の白線が共に検出されている場合に限り、正しく認識される。言い換えれば、左右の白線が共に検出されていない場合には、ピッチ角 η を正しく認識することができなく、この結果、前方注視点横変位 y_s も大きく変動してしまい、これにより、誤警報の頻度が増加する事態を招く。この理由は次の関係による。

【0089】

ここで、簡単のため、走行路を、曲率が十分に小さく、ほぼ直線と考える。こ

の場合、前記(7)式及び(8)式はそれぞれ下記(33)式及び(34)式となる。

$$x = (y_{cr} + 0.5W) (y + f \eta) / h + f \phi_r \quad \dots (33)$$

$$x = (y_{cr} - 0.5W) (y + f \eta) / h + f \phi_r \quad \dots (34)$$

ここで、(33)式は車両からみて右方向に対応する式であり、(34)式は車両からみて左方向に対応する式である。

【0090】

また、左右の白線の傾き k は下記(35)式及び(36)式として得られる。

$$k = (x(1) - x(2)) / (y(1) - y(2)) = (y_{cr} + 0.5W) / h \quad \dots (35)$$

$$k = (x(1) - x(2)) / (y(1) - y(2)) = (y_{cr} - 0.5W) / h \quad \dots (36)$$

ここで、(35)式は車両からみて右方向に対応する式であり、(36)式は車両からみて左方向に対応する式である。

【0091】

この式は、車線幅 W 及びカメラ高さ h の変動が、車両の横変位 y_{cr} の推定精度に影響を与え、ピッチ変動が車両の横変位に影響しないことを示す。また、この式は、車線幅 W とカメラ高さ h が正確にわかっているならば片側白線だけの検出で車両の横変位 y_{cr} を算出することができることも示す。

そして、前記(33)式～(36)式に基づいて下記(37)式を得ることができる。

【0092】

$$x = k (y + f \eta) + f \phi_r$$

$$k \eta + \phi_r = (x + k y) / f$$

... (37)

この式は、左右の白線が共に検出され、かつ走行路認識カメラ1でスクリーン上(CCD上)に投影される白線の傾きが等しくない場合に限り、ピッチ角 η とヨー角 ϕ_r を正確に算出することができることを示す。すなわち右白線のスクリーン上(CCD上)に投影された傾きを k_r とし、左白線のスクリーン上(CC

D上) に投影された傾きが k_l とすると、ピッチ角 η 及びヨー角 ϕ_r を下記 (38) 式として示すことができる。

【0093】

【数12】

$$\begin{bmatrix} \eta \\ \phi_r \end{bmatrix} = \frac{1}{f} \begin{bmatrix} k_r & 1 \\ k_l & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_r - y k_r \\ X_l - y k_l \end{bmatrix} \quad \dots (38)$$

【0094】

ここで、片側の白線が非検出の場合、前記 (37) 式を満足するピッチ角 η とヨー角 ϕ_r との組み合わせは無数に存在する。よって、ピッチ角 η とヨー角 ϕ_r とのいずれかが既知でなければ、ピッチ角 η とヨー角 ϕ_r との両方を算出することができない。

以上のような関係から、片側の白線が非検出の場合に、走行時の変動が比較的小さい車線幅 W を例えば片側の白線が非検出になるまでの平均値に固定し、その車線幅 W を用いて道路パラメータを推定したときには、車両の横変位は比較的小さい変動として得られる。一方、片側の白線が非検出状態になっている場合に、ピッチ角 η をある固定値に設定 (或いは推定) することも考えられる。例えば片側の白線が非検出状態になる前の平均値に固定 (或いは推定) することも考えられる。これにより、道路パラメータを推定することもできるが、実際のピッチ角 η が大きく変動している場合には、その実際のピッチ角と推定 (固定) したピッチ角とで誤差が生じ、さらにその誤差がヨー角 ϕ_r の誤差として直接作用することになる。すなわち、 $\hat{\phi}_r$ をヨー角推定値とし、 $\Delta \eta$ をピッチ角誤差とすると、ヨー角推定値 $\hat{\phi}_r$ は、前記 (37) 式から下記 (39) 式で記述できる。

【0095】

$$\hat{\phi}_r = (x + k y) / f - k (\eta + \Delta \eta) = \hat{\phi}_r - k \Delta \eta \quad \dots (39)$$

これより、片側の白線が非検出状態である場合に、ヨー角 ϕ_r を確実に推定することは困難であることから、本発明を適用することで、実施の形態では、ヨー角 ϕ_r を推定しつつも、そのヨー角 ϕ_r を左右するピッチ角 η が大きく変動する場合には、推定されるヨー角 ϕ_r (大きく変動するヨー角 ϕ_r) への前方注視点位横変位 y_s の影響を小さくしている。

【0096】

ここで、図18中(F)及び図18中(G)は、片側(右側)の白線が非検出状態になった場合の車両の横変位推定値 y_{cr} 及びヨー角 ϕ_r を示す。

片側の白線が非検出状態においてピッチングが発生すると、図18中(G)に示すように、そのピッチングの影響でヨー角(ヨー角推定値) ϕ_r も変動するようになる。これにより、前方注視点横変位 y_s も図18中(H)に示すように大きく変動するようになる。よって、ヨー角(ヨー角推定値) ϕ_r の変動が大きく、この結果、前方注視点横変位 y_s も大きく変動することで、誤警報の頻度が増加してしまう。例えば、図18中(H)に示すように、前方注視点横変位 y_s (或いは補正後の前方注視点横変位 y'_s) が右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} (Y_{th1}) を不要に超えてしまい、この結果、誤警報となってしまう。このような誤警報は、運転者にとって非常に煩わしいものである。

【0097】

これに対して、本発明を適用することで、前記ステップS40に示すように、片側の白線が非検出状態には、すなわち白線非検出頻度が所定の割合を超えている場合には、続くステップS23及びステップS24で前方注視点横変位 y_s を算出するための逸脱予測時間 T_{ttlc} を徐々に小さい値へ変更する。すなわち、前記(30)に示すように、ヨー角 ϕ_r との積で前方注視点横変位 y_s を算出する逸脱予測時間 T_{ttlc} を徐々に小さい値へ変更する。

【0098】

これにより、車線逸脱の判定に用いる前方注視点横変位 y_s の片側白線非検出時に変動の大きいヨー角成分の割合を結果として低下させることができる。このようにすることで、片側白線非検出状態で、特にピッチング等によりヨー角 ϕ_r が大きく変動してしまうような場合でも、図18中(H)に示すように、前方注視点横変位 y_s が変動してしまうことを抑制することができる。これにより、誤警報の頻度を下げ、運転者が感じる煩わしさを低減することができる。

【0099】

また、前記ステップS40(図12)に示すように、白線非検出頻度に応じて逸脱予測時間 T_{ttlc} を設定している。具体的には、白線非検出頻度が高くなるほ

ど逸脱予測時間 T_{t1c} を小さい値に設定している。白線非検出頻度が高くなるほど、推定される車両状態としてのヨー角 ϕ_r の誤差も大きくなるといえる。よって、この場合、誤警報の頻度も高くなる。このようなことから、白線非検出頻度が高くなるほど逸脱予測時間 T_{t1c} を小さい値に設定するといったように、白線非検出頻度に応じて逸脱予測時間 T_{t1c} を設定することで、誤警報の頻度を最適に低下させることができる。

【0100】

次に第2の実施の形態を説明する。

第2の実施の形態は車両の車線逸脱警報装置である。特に言及しない限り、前述の第1の実施の形態の車線逸脱警報装置と同様な構成とする。

図19は、第2の実施の形態における、制御コントローラ2による走行状況監視処理の処理手順を示す。

【0101】

この図19に示す走行環境監視処理は、前述の第1の実施の形態における図10に示した走行環境監視処理に対応するものである。この図19に示す走行環境監視処理では、第1の実施の形態における図10に示すステップS40の逸脱予測時間設定処理に換えて、ステップS60として横変位閾値修正処理を行い、さらにステップS80として逸脱予測時間設定処理を行っている。

【0102】

ここで、図19に示す走行環境監視処理において、ステップS21、ステップS22、ステップS30、ステップS23～ステップS26及びステップS50の処理については、前述の第1の実施の形態の処理と同じ処理であり、説明を省略する。

この第2の実施の形態では、ステップS30の白線非検出頻度算出処理に続いてステップS60に進む。

【0103】

ステップS60では、逸脱判定用閾値を修正或いは変更する処理を行う。続いてステップS80において、前方注視点横変位を算出するための逸脱予測時間を変更する処理を行う。

そして、続いて、前述の第 1 の実施の形態と同様にステップ S 2 3 ～ステップ S 2 6 及びステップ S 5 0 を行う。これにより、車両の逸脱傾向を判定し、その判定結果に基づいて逸脱警報を行う。また、ステップ S 6 0 及びステップ S 8 0 の処理を行うことで、Botts Dots や、白線のかすれ等で白線候補点の数が減少し、走行路認識カメラ 1 の白線非検出頻度が長時間高くなっているような場合でも、安定した逸脱警報を確保し、誤警報を減らすことができるようになっている。これにより、運転者に煩わしさを与えてしまうことを抑えることができる。

【0 1 0 4】

前記ステップ S 6 0 で行う逸脱判定用閾値修正処理を説明する。図 2 0 は、その逸脱判定用閾値修正処理の処理手順を示す。この逸脱判定用閾値修正処理は、前半の処理（ステップ S 6 1 ～ステップ S 7 0）と、後半の処理（ステップ S 7 1 ～ステップ S 7 8）とで大別される。

先ずステップ S 6 1 において、前記ステップ S 3 0 で得た右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ が所定値（例えば 0. 8）よりも大きいかな否かを判定する。ここで、右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ が所定値（例えば 0. 8）よりも大きい場合、ステップ S 6 2 に進み、右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ が所定値（例えば 0. 8）以下の場合、ステップ S 6 6 に進む。

【0 1 0 5】

ステップ S 6 2 では、前記ステップ S 3 0 で得た左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ が所定値（例えば 0. 8）よりも大きいかな否かを判定する。ここで、左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ が所定値（例えば 0. 8）よりも大きい場合、ステップ S 6 3 に進み、左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ が所定値（例えば 0. 8）以下の場合、ステップ S 6 4 に進む。ステップ S 6 3 に進む場合とは、左右の白線非検出頻度が共に所定値を超えているような場合である。また、ステップ S 6 4 に進む場合とは、右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ だけが所定値を超えているような場合である。

【0 1 0 6】

ここで、前記所定値が 0. 8 である場合について説明しているが、これに限定されないことはいうまでもない。ここでの右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ と所定

値との比較や左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ と所定値との比較は、右側白線の検出率或いは左側白線の検出率を判定するためのものなので、そのような白線の検出率が低くなっていることを確実に示す値であれば、前記所定値は 0.8 以外の値でもよい。例えば、実走行試験を行って最適な値を設定するようにしてもよい。

【0107】

ステップ S63 では、当該逸脱判定用閾値修正処理の後半で使用する状態切り換え変数 $case$ に 3 を設定する。そして、ステップ S71 に進む。

ステップ S64 では、逸脱予測時間 T_{tllc} が 0 であるか否かを判定する。ここで、逸脱予測時間 T_{tllc} は、後述するように当該ステップ S60 の逸脱判定用閾値修正処理の後段で実行するステップ S80 で算出した逸脱予測時間 T_{tllc} である。すなわち、このステップ S64 では、全体の処理をいう図 19 の処理からみて 1 周期前の処理時にステップ S80 で算出した逸脱予測時間 T_{tllc} が 0 であるか否かを判定する。ここで、そのような逸脱予測時間 T_{tllc} が 0 の場合、ステップ S65 に進み、逸脱予測時間 T_{tllc} が 0 でない場合、ステップ S71 に進む。

【0108】

ステップ S65 では、状態切り換え変数 $case$ に 1 を設定する。そして、ステップ S71 に進む。なお、ステップ S64 からステップ S71 に進む場合とは、すなわち逸脱予測時間 T_{tllc} が 0 でない場合であり、この場合に、状態切り換え変数 $case$ を変更することなくステップ S71 に移行するようになる。

一方、前記ステップ S61 において右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ が所定値（例えば 0.8）以下の場合に進むステップ S66 では、前記ステップ S30 で得た左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ が所定値（例えば 0.8）よりも大きいかな否かを判定する。ここで、左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ が所定値（例えば 0.8）よりも大きい場合、ステップ S67 に進み、左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ が所定値（例えば 0.8）以下の場合、ステップ S69 に進む。ステップ S67 に進む場合とは、左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ だけが所定値を超えているような場合である。また、ステップ S69 に進む場合とは、左右の白線非検出頻度が共に所定値未満である場合である。

【0109】

ステップS67では、逸脱予測時間Tt1cが0であるか否かを判定する。ここで、逸脱予測時間Tt1cは、前記ステップS64で用いている逸脱予測時間Tt1cと同じ値である。すなわち、逸脱予測時間Tt1cは、当該ステップS60の逸脱判定用閾値修正処理の後段で実行するステップS80で算出した逸脱予測時間Tt1cである。すなわち、このステップS67では、全体の処理をいう図19の処理からみて1周期前の処理時にステップS80で算出した逸脱予測時間Tt1cが0であるか否かを判定する。

【0110】

ここで、逸脱予測時間Tt1cが0の場合、ステップS68に進み、逸脱予測時間Tt1cが0でない場合、ステップS71に進む。

ステップS68では、状態切り換え変数caseに2を設定する。そして、ステップS71に進む。なお、ステップS67からステップS71に進む場合とは、すなわち逸脱予測時間Tt1cが0でない場合であり、この場合に、状態切り換え変数caseを変更することなくステップS71に移行するようになる。

【0111】

一方、ステップS69では、白線の検出状況が回復しているかどうかを判定する。具体的には、ステップS69では、右白線非検出頻度F_{rh}(t)が所定値(例えば0.5)未満であるか否かを判定し、さらに左白線非検出頻度F_{lh}(t)が所定値(例えば0.5)未満であるか否かを判定する。ここで、右白線非検出頻度F_{rh}(t)が所定値(例えば0.5)未満であり、かつ左白線非検出頻度F_{lh}(t)が所定値(例えば0.5)未満の場合、すなわち左右の白線非検出頻度が共に回復している場合、ステップS70に進み、そうでない場合、ステップS71に進む。ここでの前記所定値は、前記ステップS61、ステップS62、ステップS66で用いた所定値(0.8)に対してヒステリシスを持たせている。

【0112】

また、前記所定値が0.5である場合について説明しているが、これに限定されないことはいうまでもない。ここでの右白線非検出頻度F_{rh}(t)と所定値

との比較や左白線非検出頻度 $F1h(t)$ と所定値との比較は、右側白線の検出率或いは左側白線の検出率の回復を判定するためのものなので、そのような白線の検出率が回復していること、又は走行路認識カメラ 1 の出力信号が安定していることを確実に示す値であれば、前記所定値は 0.5 以外の値でもよい。例えば、実走行試験を行って最適な値を設定するようにしてもよい。

【0113】

ステップ S 7 0 では、状態切り換え変数 $case$ を 0 に設定する。そして、ステップ S 7 1 に進む。なお、ステップ S 6 9 からステップ S 7 1 に進む場合には、状態切り換え変数 $case$ を変更することなくステップ S 7 1 に移行することになる。

以下に説明するステップ S 7 1 ～ステップ S 7 8 では、前述の処理で決定した状態切り換え変数 $case$ の値を判別し、その判定結果に応じた逸脱判定用閾値の設定を行う。

【0114】

すなわち、ステップ S 7 1 において、状態切り換え変数 $case$ が 2 よりも大きいかな否かを判定する。ここで、状態切り換え変数 $case$ が 2 よりも大きい場合、ステップ S 7 5 に進み、状態切り換え変数 $case$ が 2 以下の場合、ステップ S 7 2 に進む。

ステップ S 7 2 では、状態切り換え変数 $case$ が 1 かな否かを判定する。ここで、状態切り換え変数 $case$ が 1 の場合、ステップ S 7 6 に進み、状態切り換え変数 $case$ が 1 でない場合、ステップ S 7 3 に進む。

【0115】

ステップ S 7 3 では、状態切り換え変数 $case$ が 2 かな否かを判定する。ここで、状態切り換え変数 $case$ が 2 の場合、ステップ S 7 7 に進み、状態切り換え変数 $case$ が 2 でない場合、ステップ S 7 8 に進む。

これにより、状態切り換え変数 $case$ が 0 の場合 ($case = 0$)、ステップ S 7 4 に進むようになり、状態切り換え変数 $case$ が 1 の場合 ($case = 1$)、ステップ S 7 6 に進むようになり、状態切り換え変数 $case$ が 2 の場合 ($case = 2$)、ステップ S 7 7 に進むようになり、状態切り換え変数 $case$

e が 3 の場合 (c a s e = 3) 、ステップ S 7 5 に進むようになる。

【0116】

そして、ステップ S 7 5 ～ステップ S 7 8 で、それぞれ逸脱判定用閾値を更新する処理を行う。

すなわち、ステップ S 7 5 の処理を実施する場合 (c a s e = 3) は、左右の白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ 、 $F_{lh}(t)$ が高い場合である。この場合に、このステップ S 7 5 で、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 及び左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} の両者に最も大きい値 Y_{th3} を設定する。そして、当該図 20 に示す処理を終了する。

【0117】

また、ステップ S 7 6 の処理を実施する場合 (c a s e = 1) は、右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ が高く、かつ逸脱予測時間 T_{ttlc} が 0 の場合である。この場合に、このステップ S 7 6 で、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} に最も大きい値 Y_{th3} を設定し、さらに、左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} を変化量 Δt_{hl} ずつ増加させ、除々に左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} を大きい値に修正していく。ここでの左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} を増加させる修正については、逸脱判定用閾値 Y_{th2} に達するまで左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} を除々に増加させる修正となる。ここで、逸脱判定用閾値 Y_{th2} は、初期値である、通常の白線検出状態における逸脱判定用閾値 Y_{th1} と、この逸脱判定用閾値 Y_{th1} よりも大きな値であり、非検出頻度が最も大きい場合の逸脱判定用閾値 Y_{th3} との間に設定した逸脱判定用閾値である。

【0118】

ステップ S 7 7 の処理を実施する場合 (c a s e = 2) は、左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ が高く、かつ逸脱予測時間 T_{ttlc} が 0 の場合である。この場合に、このステップ S 7 7 で、左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} に最も大きい値 Y_{th3} を設定し、さらに、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} を変化量 Δt_{hl} ずつ増加させ、除々に右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} を大きい値に修正していく。ここでの右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} を増加させる修正は、前述した左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} と同様な処理になる。すなわち、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} を増加させる修正

として、逸脱判定用閾値 Y_{th2} に達するまで右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} を除々に増加させる修正を行う。ここで、逸脱判定用閾値 Y_{th2} は、初期値である、通常の白線検出状態における逸脱判定用閾値 Y_{th1} と、この逸脱判定用閾値 Y_{th1} よりも大きな値であり、非検出頻度が最も大きい場合の逸脱判定用閾値 Y_{th3} との間に設定した逸脱判定用閾値である。

【0119】

ステップ S78 の処理を実施する場合 ($case = 0$) は、左右共に白線非検出頻度が低くなっており、よって白線検出状況が安定している場合である。この場合に、このステップ S78 で、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} と左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} との両方をともに変化量 $\Delta th2$ ずつ減少させて、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} と左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} とを初期の逸脱判定用閾値 Y_{th1} に達するまで修正していく。

【0120】

以上のように、ステップ S60 の逸脱判定用閾値修正処理を行う。

次に、前記ステップ S80 で行う逸脱予測時間設定処理を説明する。図 21 は、その逸脱予測時間設定処理の処理手順を示す。

先ずステップ S81 において、前記ステップ S30 (ステップ S31 ~ ステップ S33) で算出した右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ 及び左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ のそれぞれのなかから大きい値を選択し、その選択した右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ と左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ との比較を行う。

【0121】

ここで、右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ が左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ よりも大きい場合 ($F_{rh}(t) > F_{lh}(t)$)、ステップ S82 に進み、右白線非検出頻度 $F_{rh}(t)$ が左白線非検出頻度 $F_{lh}(t)$ 以下の場合 ($F_{rh}(t) \leq F_{lh}(t)$)、ステップ S83 に進む。

ステップ S83 では、下記 (40) 式により逸脱予測時間目標値 $T_{ttlc'}$ を算出する。

【0122】

$F_{rh}(t) < F_{lo}$ の場合

$$T_{ttlc}' = T_{ttlc1}$$

$F_{lo} \leq F_{rh}(t) < F_{hi}$ の場合

$$T_{ttlc}' = T_{ttlc1} \cdot ((F_{hi} - F_{rh}(t)) / (F_{hi} - F_{lo}))$$

$F_{hi} \leq F_{rh}(t)$ の場合

$$T_{ttlc}' = 0$$

・・・ (40)

このように逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' を算出して、ステップ S84 に進む。

【0123】

また、ステップ S83 では下記 (41) 式により逸脱予測時間 T_{ttlc}' を算出する。

$F_{lh}(t) < F_{lo}$ の場合

$$T_{ttlc}' = T_{ttlc1}$$

$F_{lo} \leq F_{lh}(t) < F_{hi}$ の場合

$$T_{ttlc}' = T_{ttlc1} \cdot ((F_{hi} - F_{lh}(t)) / (F_{hi} - F_{lo}))$$

$F_{hi} \leq F_{lh}(t)$ の場合

$$T_{ttlc}' = 0$$

・・・ (41)

このように逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' を算出して、ステップ S84 に進む。

【0124】

ステップ S84 以降では、状態切り換えフラグ $flag_c$ の値に応じた処理を行う。ここで、状態切り換えフラグ $flag_c$ と処理内容との関係については次のようになる。

状態切り換えフラグ $flag_c = 0$ の場合、当該逸脱予測時間設定処理において更新した逸脱予測時間 T_{ttlc} が逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' と一致した後の処理を行う。また、状態切り換えフラグ $flag_c = 1$ の場合、逸脱予測時間 T_{ttlc} を新たに更新せず保持し続ける処理を行う。また、状態切り換えフラグ $flag_c = 2$ の場合、逸脱予測時間 T_{ttlc} を Δt_1 ずつ増加、または Δt_2 ずつ減少させるようにして、逸脱予測時間 T_{ttlc} を逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' に徐々に近づける処理を行う。

【0125】

すなわち、ステップS84では状態切り換えフラグ f_{lag_c} が0か否かを判定する。ここで、状態切り換えフラグ f_{lag_c} が0の場合、ステップS86に進み、状態切り換えフラグ f_{lag_c} が0でない場合、ステップS85に進む。

ステップS86では、逸脱予測時間 T_{t1c} が逸脱予測時間目標値 T_{t1c}' と一旦一致した後の処理を行う。具体的には、その後の処理で常に逸脱予測時間 T_{t1c} が逸脱予測時間目標値 T_{t1c}' と一致し続けるように、逸脱予測時間 T_{t1c} に逸脱予測時間目標値 T_{t1c}' を設定して更新していく。そして、ステップS88に進む。

【0126】

ステップS88では逸脱予測時間 T_{t1c} が減少して0に達したか否かを判定する。ここで、逸脱予測時間 T_{t1c} が0の場合、ステップS89に進み、状態切り換えフラグ f_{lag_c} を1に設定する。後述するように、状態切り換えフラグ f_{lag_c} が1の場合の処理（ステップS90及びステップS91の処理）では、逸脱予測時間 T_{t1c} を更新することなく逸脱予測時間 T_{t1c} を保持する処理となる。よって、ステップS89で状態切り換えフラグ f_{lag_c} を1に設定した場合、その後の処理はそのような逸脱予測時間 T_{t1c} の保持を前提とした処理になる。そして、ステップS89の処理の後、当該図21に示す処理を終了する。

【0127】

ステップS85では、状態切り換えフラグ f_{lag_c} が1か否かを判定する。ここで、状態切り換えフラグ f_{lag_c} が1の場合、ステップS90に進み、状態切り換えフラグ f_{lag_c} が1でない場合、すなわち状態切り換えフラグ f_{lag_c} が2の場合、ステップS87に進む。

ステップS85からステップS90への進む処理は、前記ステップS86の処理のような逸脱予測時間 T_{t1c} を更新することなく、逸脱予測時間 T_{t1c} を保持したまま進む処理をなす。ステップS90では、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 又は左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} のどちらかが初期の横変位判定用閾値 Y_{th1} に回

復したか ($Y_{th_r} = Y_{th1}$ か $Y_{th_l} = Y_{th1}$) 否かを判定する。

【0128】

前記ステップ S60 の逸脱判定用閾値修正処理中のステップ S78 ($case = 0$) では、白線検出状況が安定した場合、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} と左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} との両者を共に変化量 $\Delta t h 2$ ずつ減少させて、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} と左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} との両者を初期の逸脱判定用閾値 Y_{th1} に達するまで小さい値に修正している。

【0129】

よって、このステップ S90 での判定は、このような修正により右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 又は左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} のどちらかが初期の横変位判定用閾値 Y_{th1} に回復したかの判定となる。

ここで、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 又は左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} のどちらかが初期の横変位判定用閾値 Y_{th1} に回復している場合、状態切り換えフラグ $flag_c$ に 2 を設定する。

【0130】

後述するように、状態切り換えフラグ $flag_c$ が 2 の場合の処理 (ステップ S87 の処理) は、逸脱予測時間 T_{ttlc} を変化量 $\Delta t 1$ ずつ増加させ、或いは変化量 $\Delta t 2$ ずつ減少させて、逸脱予測時間 T_{ttlc} を逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' に徐々に近づける処理になる。よって、前記ステップ S91 で状態切り換えフラグ $flag_c$ を 2 に設定した場合、その後の処理は、そのような逸脱予測時間 T_{ttlc} を変化量 $\Delta t 1$ ずつ増加させ、或いは変化量 $\Delta t 2$ ずつ減少させて、逸脱予測時間 T_{ttlc} を逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' に徐々に近づける処理になる。そして、ステップ S91 の処理の後、当該図 21 に示す処理を終了する。

【0131】

ステップ S87 では、下記 (42) 式により逸脱予測時間 T_{ttlc} を更新する。

$T_{ttlc} \leq T_{ttlc}' - \Delta t 1$ の場合

$$T_{ttlc} = T_{ttlc} + \Delta t 1$$

$T_{ttlc}' + \Delta t 2 \leq T_{ttlc}$ の場合

$$T_{ttlc} = T_{ttlc} - \Delta t 2$$

$|T_{ttlc}' - T_{ttlc}| < \Delta t$ (Δt_1 又は Δt_2) の場合

$T_{ttlc} = T_{ttlc}'$

... (42)

このように、条件に応じて、逸脱予測時間 T_{ttlc} を変化量 Δt_1 ずつ増加させ、或いは逸脱予測時間 T_{ttlc} を変化量 Δt_2 ずつ減少させて、逸脱予測時間 T_{ttlc} を逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' に徐々に近づける処理を行う。なお、 $|T_{ttlc}' - T_{ttlc}| < \Delta t$ (Δt_1 又は Δt_2) の場合の $T_{ttlc} = T_{ttlc}'$ にする処理は、そのように逸脱予測時間 T_{ttlc} を変化量 Δt_1 ずつ増加させ、或いは逸脱予測時間 T_{ttlc} を変化量 Δt_2 ずつ減少させていった場合に、最後に逸脱予測時間 T_{ttlc} を逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' にあわせ込む処理となる。そして、ステップ S 92 に進む。

【0132】

ステップ S 92 では、逸脱予測時間 T_{ttlc} が逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' に一致したか ($T_{ttlc} = T_{ttlc}'$) 否かを判定する。

逸脱予測時間 T_{ttlc} が逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' に一致した場合、すなわち前述したように逸脱予測時間 T_{ttlc} を逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' にあわせ込む処理を行った場合、状態切り換えフラグ $flag_c$ を 0 に設定する。これにより、その後の処理は、逸脱予測時間 T_{ttlc} を逸脱予測時間目標値 T_{ttlc}' で更新する処理になる（前記ステップ S 84 及びステップ S 86）。

【0133】

以上のように、ステップ S 80 の逸脱予測時間設定処理を行う。

以上のステップ S 60 による横変位判定用閾値修正処理及びステップ S 80 による逸脱予測時間設定処理により、白線非検出頻度が増加しているときには、逸脱予測時間 T_{ttlc} を 0 に近づくように修正していくとともに、逸脱予測時間 T_{ttlc} が 0 になった後で右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 及び左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} を増加させている。また、白線検出頻度が増加しているときには、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 及び左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} が初期の逸脱判定用閾値 Y_{th1} になるように修正していくとともに、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 又は左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} のうちのどちらかが初期の逸脱判定用閾値 Y_{th1} に回復し

た場合には、逸脱予測時間 T_{t1c} が初期の逸脱予測時間 T_{t1c1} になるように修正している。

【0134】

次の作用及び動作を説明する。

作用及び動作について、図 22 に示すタイミングチャートを用いて説明する。

図 22 中 (A) は、走行路認識カメラ 1 で左側の白線の検出 (撮像) 状態を示す左白線非検出フラグ f_{lag_l} の変化を示す。また、図 22 中 (B) は、走行路認識カメラ 1 で右側の白線が検出 (撮像) 状態を示す右白線非検出フラグ f_{lag_r} の変化を示す。

【0135】

本例では、図 22 中 (B) に示すように、右側の白線が、ある程度長い時間に渡って非検出状態となっている場合を想定する。この場合、図 22 中 (B) に示すように、右白線非検出フラグ f_{lag_r} は 0 の状態がしばらく続く状態になる。

このとき、前記ステップ S30 の白線非検出頻度算出処理において、所定時間区間における右白線非検出フラグ f_{lag_r} を移動平均処理して算出した右白線非検出頻度 F_{rh} は図 22 (C) に示すように変化する。本例のように走行路認識カメラ 1 での右側の白線の非検出状態が続いている場合、図 22 中 (C) に示すように、右白線非検出頻度 F_{rh} は 1 になるまで増加する。

【0136】

また、このとき前記ステップ S80 の逸脱予測時間設定処理では、右白線非検出頻度 F_{rh} 又は左白線非検出頻度 F_{lh} に基づいて逸脱予測時間 T_{t1c} を設定する。本例では、右白線非検出頻度 F_{rh} が高くなっているため、この右白線非検出頻度 F_{rh} に基づいて逸脱予測時間 T_{t1c} を設定する。また、前述したように、逸脱予測時間 T_{t1c} を右白線非検出頻度 F_{rh} に比例的に算出していることから (前記 (40) 式)、設定される逸脱予測時間 T_{t1c} は図 22 中 (D) に示すように変化する。具体的には、逸脱予測時間 T_{t1c} は、右白線非検出頻度 F_{rh} が増加し始めると当初の値の固定値 T_{t1c1} から減少し始め、右白線非検出頻度 F_{rh} が 1 に達すると 0 (逸脱予測時間目標値 $T_{t1c'}$) になる (前記ステッ

プS 87)。このようにステップS 80の逸脱予測時間設定処理では、前述の第1の実施の形態の前記ステップS 40の逸脱予測時間設定処理と同様な処理に、白線非検出頻度 F_{rh} 、 F_{lh} に基づいて逸脱予測時間 T_{t1c} を設定する。なお、第2の実施の形態では、右白線非検出頻度 F_{rh} 又は右白線非検出頻度 F_{lh} に基づいて逸脱予測時間目標値 T_{t1c}' を予め設定し、この設定した逸脱予測時間目標値 T_{t1c}' に逸脱予測時間 T_{t1c} を一致させるようにしており、この点では異なっている。

【0137】

一方、前記ステップS 60の逸脱判定用閾値修正処理では、前記ステップS 80の逸脱予測時間設定処理で右白線非検出頻度 F_{rh} 又は左白線非検出頻度 F_{lh} に基づいて設定した逸脱予測時間 T_{t1c} （1周期前の値）を参照して、逸脱予測時間 T_{t1c} が0に達した場合、逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を増加させている（前記ステップS 75～ステップS 77）。これにより、白線非検出状態になった直後で間もない段階で、逸脱警報の開始タイミングをなるべく変化させないようにしている。

【0138】

本例では、図22中（E）に示すように、逸脱予測時間 T_{t1c} が0に達した時点で、白線非検出側である右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} を最も大きい逸脱判定用閾値 Y_{th3} に設定し、また、白線検出状態が維持されている左側右側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} を、初期値である、通常の白線検出状態における横変位判定用閾値 Y_{th1} から前記逸脱判定用閾値 Y_{th2} に設定する（前記ステップS 76）。

【0139】

そして、前記ステップS 60の逸脱判定用閾値修正処理では、左右共に白線非検出頻度が所定値まで低くなった場合、図22中（E）に示すように、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} と左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} との両方をともに変化量 Δt_{h2} ずつ減少させて、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} と左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} とを初期の逸脱判定用閾値 Y_{th1} に達するまで修正する（前記ステップS 78）。

【0140】

この結果、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} と左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} とが初期の逸脱判定用閾値 Y_{th1} に達した場合、前記ステップ S 80 の逸脱予測時間設定処理では、図 22 中 (D) に示すように、逸脱予測時間 T_{ttlc} を 1 (逸脱予測時間目標値 $T_{ttlc'}$) まで増加させる修正を行う (前記ステップ S 87)。

なお、第 2 の実施の形態では、図 19 に示すように、ステップ S 60 の逸脱判定用閾値修正処理を行った後に、ステップ S 80 の逸脱予測時間設定処理を行っている。これは、片側の白線の非検出状態から両側の白線の検出状態に回復した場合、逸脱判定用閾値 (本例では片側の白線非検出状態における白線検出側の逸脱判定用閾値) が、通常の白線検出状態の逸脱判定用閾値 Y_{th1} に達したことを確認した後に、逸脱予測時間 T_{ttlc} を、両側の白線検出状態で使用する逸脱予測時間 T_{ttlc1} へ遷移させるためである。これにより、片側の白線非検出状態から両側の白線検出状態になった場合、図 22 中 (E) に示すように、右側逸脱判定用閾値 Y_{th_r} と左側逸脱判定用閾値 Y_{th_l} とが初期の逸脱判定用閾値 Y_{th1} に回復するようになり、それに続くように、図 22 中 (D) に示すように、逸脱予測時間 T_{ttlc} が初期の逸脱予測時間 T_{ttlc1} に回復するようになる。

【0141】

以上のように、第 2 の実施の形態では、白線非検出頻度 F_{rh} 、 F_{lh} が高くなった場合には、前記ステップ S 80 の逸脱予測時間設定処理で逸脱予測時間 T_{ttlc} を 0 に向かい徐々に小さい値に変更し、さらに、逸脱予測時間 T_{ttlc} が所定値 (本例では 0) に達したところで、前記ステップ S 60 の逸脱判定用閾値修正処理で逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を大きい値に変更している。

【0142】

次に効果を説明する。

走行路認識カメラ 1 による白線の検出と非検出とを繰り返されるような場合でも、走行路認識カメラ 1 が白線を検出するたびに、正しい値へ近づく方向に道路パラメータの推定値が修正される処理が行われる。この結果、横変位量 y_{cr} 、ヨー角 ϕ_r などの車両状態量を含む道路パラメータの推定値の誤差として走行路認識カメラ 1 による白線非検出状態の影響が蓄積されることはない。よって、過渡的に片側の白線非検出状態があっても、誤警報がなされてしまうことはない。

【0143】

しかし、ある程度長い時間に渡って片側の白線非検出状態が続くような場合には、その状況は異なる。

例えば、車速が変化した場合、車速が高くなるほど空気の流れにより発生する車両への力、すなわちエアリフトにより、車両に上向きの揚力が発生する。これにより、車高が変化し、カメラ高さ h も変化する。また、車両が加減速動作をした場合、車両前端部の向きは変化する。例えば、加速中には、車両前端部は上方を向き、減速中には、車両前端部は下方を向く。このように、車両の加減速動作により車両前端部の向きが変化した場合、ピッチ角 η とともにカメラ高さ h も変化するようになる。

【0144】

このように車速変化や加減速動作をした場合、カメラ高さ h が変化してしまうので、ある程度長い時間に渡って片側の白線非検出状態が続いている間には、そのような車速変化や加減速動作によりカメラ高さ h が変化することも考慮する必要がある。すなわち、カメラ高さ h が変化してしまうと、その変化が道路パラメータの推定値に定常的に影響してしまう。これにより、横変位量 y_{cr} の推定値が変化してしまうので、結果として、誤警報の頻度を上げてしまい、運転者が感じる煩わしさを増大させてしまう可能性がある。

【0145】

図 22 中 (F) は、ある程度長い時間に渡って片側の白線の非検出状態が続いたような場合に、車速変化や加減速動作等でカメラ高さ h が変化して、その変化分を含んで推定された横変位量 y_{cr} の経時変化を示す。また、片側の白線の非検出状態の場合には、第 1 の実施の形態でも説明したような理由から、図 22 中 (G) に示すように、ヨー角 ϕ_r の推定値も正しく推定できずに変動している結果にもなる。このような場合に、両側の白線が検出できている場合に使用する逸脱予測時間 T_{tcl1} 及び逸脱判定用閾値 Y_{th1} に基づいて車線逸脱判定を行うと、図 22 中 (H) に示すように、逸脱判定用閾値 Y_{th1} に対して、前方注視点横変位推定値 $y_s (= y_{cr} + (V \times T_{tcl1}) \phi_r)$ は激しく変動し、かつカメラ高さ h の変化の影響でその変動幅が大きくなり、その結果、誤警報の頻度は増加してし

まう。

【0146】

ここで、逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を Y_{th1} のままとし、逸脱予測時間 T_{ttlc} だけを 0 に向かうように修正することも考えられる。この場合、前方注視点横変位推定値 y_s の変化は、前述の第 1 の実施の形態で説明したように、逸脱予測時間 T_{ttlc} を修正する前よりも穏やかになり安定する。しかし、前方注視点横変位推定値 y_s の変化は、横変位推定値 y_{cr} の影響を強く受ける。例えば、前記 (30) 式の関係からもわかるように、逸脱予測時間 T_{ttlc} を小さい値に修正したとしても、前方注視点横変位推定値 y_s に横変位推定値 y_{cr} が影響するようになる。この結果、やはり誤警報の発生は避けられない。

【0147】

一方、逸脱予測時間 T_{ttlc} を T_{ttlc1} のままとし、横変位推定値 y_{cr} を考慮して、逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} だけを大きな値に修正するようなことも考えられる。この場合、誤警報の頻度を下げることができる。しかし、この場合、横変位推定値 y_{cr} の誤差に起因して発生する誤警報を減らすために逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を修正するのであるが、その修正により設けた閾値のマージンが、依然として大きく変動するヨー角推定値 ϕ_r の変動による誤警報を減らすために費やされてしまう。このように、ヨー角推定値 ϕ_r も変動する場合には、逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を不要に大きく修正する必要があり、この結果、警報タイミングを適正化するための調整幅が非常に狭くなる。

【0148】

このようなことから、前述したように、第 2 の実施の形態では、白線非検出頻度 F_{rh} 、 F_{lh} が高くなった場合には、前記ステップ S80 の逸脱予測時間設定処理で逸脱予測時間 T_{ttlc} を 0 に向かい徐々に小さい値に変更し、さらに、逸脱予測時間 T_{ttlc} が所定値（本例では 0）に達したところで、前記ステップ S60 の逸脱判定用閾値修正処理で逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を大きい値に変更している。

【0149】

これにより、ある程度長い時間に渡って片側の白線の非検出状態が続くような

場合でも、その片側非検出状態の初期段階で、前記ステップ S 8 0 の逸脱予測時間設定処理で逸脱予測時間 T_{tllc} を 0 に向かい徐々に小さい値に変更し、前方注視点横変位推定値 y_s に対して、変動の大きいヨー角成分の割合を適切に低下させる。そして、逸脱予測時間 T_{tllc} が所定値（本例では 0）に達したところで、前記ステップ S 6 0 の逸脱判定用閾値修正処理で逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を大きい値に変更し、結果的に横変位推定値 y_{cr} の誤差分を取り除いている。すなわち、第 2 の実施の形態では、ヨー角推定値 ϕ_r の変動だけでなく、横変位推定値 y_{cr} の誤差に対しても誤警報の頻度を低下させるべく、特に逸脱判定用閾値（横変位判定用閾値）を大きい値に修正している。さらに、横変位推定値 y_{cr} に誤差が発生してくる時期を考慮して、その逸脱判定用閾値（横変位判定用閾値）を大きい値に修正するタイミングを白線の片側非検出状態がある程度時間が経過したタイミングにしている。

【0150】

これにより、変動の大きいヨー角推定値による誤警報を防止するとともに、横変位推定値 y_{cr} の誤差による誤警報を防止している。これにより、運転者が警報を煩わしく感じてしまうことを防止できる。

また、第 2 の実施の形態では、両側車線に対応する逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を修正している。すなわち、白線検出側に対応する逸脱判定用閾値についても修正している。例えば、車両が白線に近いところを走行している場合、車速変化や加減速動作等でカメラ高さ h が変動してしまうと、横変位推定値 y_{cr} が変動し、結果として、警報の開始と停止とが繰り返され、不要な警報が発生してしまう場合がある。このようなことから、白線検出側に対応する逸脱判定用閾値についても修正することで、走行中のカメラ高さ h が変動しても、その影響を減らして、不要な警報の繰り返しを防止している。

【0151】

また、白線検出側に対応する逸脱判定用閾値については、白線非検出側の逸脱判定用閾値よりも小さい値に設定している。これは、白線非検出側においては実際の走行区分線の位置が不定であり、車両がどの位置まで移動したら警報すれば良いか、その判断基準が曖昧であるため、走行区分線の内側での警報を確実に作

動しないようにするため、白線非検出側の逸脱判定用閾値の方を大きくしているからである。言い換えれば、白線検出側では、誤警報が発生するとはいえ、白線非検出側と比較すれば、誤警報が発生する頻度は確実に少ないので、白線検出側に対応する逸脱判定用閾値をできるだけ小さい値に抑えることで、本来の警報機能を維持しつつ、不要に警報がなされてしまうことを防止している。

【0152】

なお、片側白線非検出時の逸脱警報の作動タイミングは、両側白線検出時のものに対して若干のズレが生じ、性能は低下するかもしれないが、逸脱警報機能を停止させることなく、運転者が感じる煩わしさを低減できるようになる。

また、前述した(14)式～(17)式より、非検出の白線候補点の座標値は、変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ を算出するための誤差評価関数に影響しないことは明らかである。すなわち、(24)式で算出される変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ は、検出される白線位置と、推定される道路パラメータ $a \sim e$ を用いて白線モデルから求められる白線位置との誤差をなるべく小さくするような修正量となる。そして、非検出の点の座標は不明である場合には、 $K_{ij} = 0$ にするほかなく、これにより、前記(A14)式中の列ベクトル S_k の値に何も影響を与えなくなるので、変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ は、検出された白線候補点の座標を用いて算出した値になる。

【0153】

なお、ここで、片側の白線候補点が極端に少ない場合の状態としては、次のような場合が考えられる、

- ① 自車両よりかなり遠い部分の白線候補点しか検出できない場合
- ② 自車両によりかなり近い部分の白線候補点しか検出できない場合
- ③ 前記①と②との場合の中間部分の白線候補点しか検出できない場合

このような場合には、いずれの場合も誤差評価関数に与える影響の割合が、多くの白線候補点を検出している側へ偏ってしまう。この場合、前記(22)式において列ベクトル S_k は、多くの白線候補点を検出している側で算出されるようになる。この結果、前記(24)式で算出される変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ も、多くの白線候補点を検出している側の誤差の影響を強く受ける。このように、片側の白線候補点が反対側と比べて極端に少ない場合、検出率が多い側の白線候補点の座標

を頼った修正がなされ、この結果、検出率が少ない側の白線検出点は、多くの白線候補点を検出している側の誤差の影響を強く受けるようになり、これにより、道路パラメータは定常的な誤差が生じるようになる。

【0154】

なお、実施の形態では、道路パラメータが時間軸方向に滑らかに移動するように、前記(17)式を誤差評価関数に加えているので、厳密には、白線候補点为非検出であることは、変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ に影響する。しかし、時間の経過とともに、非検出であることの影響がゼロに近づくので、非検出側の白線候補点の数が極端に少ない状態がしばらく続けば、変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ への影響は全くなくなる。

【0155】

一方、前述したように、白線モデルにより得た道路パラメータを用いて、前方注視点横変位推定値 y_s を算出している(前記(30)式参照)。よって、片側の白線候補点が一極端に少ない場合に道路パラメータが定常的な誤差が生じるようになるが、注視点横変位推定値 y_s はその影響を受けて誤差を含むようになる。しかし、両側車線に対応する逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を修正しているので、誤警報を低減することができる。特に、逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を、そのような誤差分を考慮して決定すれば、より効果的に誤警報を低減することができる。

【0156】

なお、検出されている白線候補点が0(完全に非検出の状態)でなく、必ず1点以上検出されているのであれば、完全に非検出の状態と比べて、運動道路パラメータが含む定常的な誤差ははるかに小さくなる。よって、そのように誤差分を考慮して逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を変更する場合でも、極力その変更量を小さくすることができる。この結果、より効果的に誤警報を低減することができる。

【0157】

以上、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、前述の実施の形態として実現されることに限定されるものではない。

すなわち、走行路認識カメラ 1 の撮像条件設定を変更した場合、逸脱予測時間 T_{t1c} を小さい値に設定してもよい。ここで、撮像条件とは、光環境の変化に対応するために設けられた露光制御、シャッター速度等である。

【0158】

周辺の光環境が変動した場合、走行路認識カメラ 1 が撮像した画像の輝度レベルも変動する。この結果、車線区分線の検出状態が劣化してしまう場合がある。このようなことから、露光制御、シャッター速度等の設定を変更した場合には、周辺の光環境が変動するものと予測して、予め逸脱予測時間 T_{t1c} を小さい値に設定する。これにより、車線区分線の検出状態が劣化する前の早い時期に、予め逸脱予測時間 T_{t1c} を小さい値に設定することで、片側白線非検出状態に至った場合でも、前方注視点横変位 y_s が変動してしまうことを早期に抑制することができる。これにより、誤警報の頻度を下げ、運転者が感じる煩わしさを低減することができる。

【0159】

また、非検出頻度が高い状態が長い時間維持された場合、非検出側の警報機能を停止させる、すなわち非検出側の車線区分線に基づいた車線逸脱傾向の判定を行わないようにするとともに、その警報機能の停止状態を運転者に報知するようにしてもよい。これにより、車両がどの位置まで移動したら警報すれば良いかの判断基準が定まらない状態では、走行区分線の内側での警報が確実に作動しないようになる。これにより、運転者が煩わしいと感じる不要な警報を防止することができる。また、逸脱警報の非作動状態を確実に運転者に知らせることができる。

【0160】

また、前述の第 2 の実施の形態では、誤警報の頻度を減少させることを目的に、逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を修正している。例えば、この逸脱判定用閾値 Y_{th_r} 、 Y_{th_l} を、白線非検出頻度が高いほど、大きい値にしてもよい。また、前述の実施の形態では、走行路認識カメラ 1 が撮像機能と画像処理機能とを有している場合について説明している。しかし、これに限定されるものではない。すなわち、画像処理機能については、別の部分により実施するようにし

てもよい。例えば、制御コントローラ 2 が画像処理機能を有し、走行路カメラ 1 からの撮像画像を制御コントローラ 2 で画像処理するようにしてもよい。

【0161】

なお、前述の実施の形態の説明において、走行路認識カメラ 1 の画像処理機能による図 3 の処理は、前記車線区分線検出手段が検出した自車線の両側の車線区分線に基づいて、自車両のヨー角を検出するヨー角検出手段を実現している。図 3 の処理では、道路パラメータとしてヨー角 ϕ_r を得ているからである。

また、制御コントローラ 2 による図 10 に示すステップ S 23 の処理は、車速と所定の逸脱予測時間とを掛け算して、前方注視点位置を算出する前方注視点位置算出手段を実現しており、制御コントローラ 2 による図 10 に示すステップ S 24 の処理は、前記ヨー角検出手段が検出したヨー角及び前方注視点位置算出手段が算出した前方注視点位置に基づいて、前記前方注視点位置での前方注視点横変位を算出する前方注視点横変位算出手段を実現しており、制御コントローラ 2 による図 10 に示すステップ S 50 の処理は、前記前方注視点横変位補正手段が算出した前方注視点横変位に基づいて、自車両が車線逸脱傾向になるか否かを判定する車線逸脱傾向判定手段を実現しており、警報器 7 は、前記車線逸脱傾向判定手段の判定結果に基づいて、車線逸脱傾向についての報知を行う逸脱傾向報知手段を実現している。

【0162】

また、制御コントローラ 2 による図 10 に示すステップ S 40（図 12）の処理は、車線区分線検出手段による車線区分線の検出状態に基づいて、車線区分線に基づく自車両の車線逸脱傾向の判定基準を変更する判定基準変更手段を実現している。具体的には、前記車線区分線検出手段により自車線の両側の車線区分線のうちの片方の車線区分線しか検出できていない場合、前記前方注視点横変位の算出において前記ヨー角が及ぼす影響が小さくするように、前記逸脱予測時間を変更する判定基準変更手段を実現している。

【0163】

なお、前述の実施の形態の説明でもわかるように、白線を検出したこと、白線を検出できないこと、とは、あくまでも撮像画像をもとにした白線の検出処理を

基準にしているので、白線が確実にある場合、白線が確実に無い場合のみをさすものではない。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態の車線逸脱警報装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】

車載の走行路認識カメラの状態を示す図である。

【図 3】

走行路認識カメラ（画像処理機能）の処理手順を示すフローチャートである。

【図 4】

白線モデルを説明するために使用した図である。

【図 5】

白線候補点検出領域の初期値の設定方法を説明するために使用した図である。

【図 6】

既に道路白線が検出されている場合の白線候補点検出領域の初期値の設定方法を説明するために使用した図である。

【図 7】

撮像した画像上における白線候補点検出領域の設定方法を説明するために使用した図である。

【図 8】

白線候補点の検出方法を説明するために使用した図である。

【図 9】

今回検出した白線候補点と前回求めた白線モデル上の点とのずれ量を示す図である。

【図 1 0】

前記車線逸脱警報装置の制御コントローラによる走行状況監視処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 1 1】

前記制御コントローラによる白線非検出頻度算出処理の処理手順を示すフロー

チャートである。

【図 1 2】

前記制御コントローラによる逸脱予測時間設定処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 1 3】

前方注視点横変位推定値 y_s を説明するために使用した図である。

【図 1 4】

曲線路での車線逸脱傾向を判定するために、車体横すべり角 β を考慮することの理由を説明するために使用した図である。

【図 1 5】

旋回角速度と走行速度との関係を示す特性図である。

【図 1 6】

重心点の横すべり角と走行速度との関係を示す特性図である。

【図 1 7】

前記制御コントローラによる逸脱判定処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 1 8】

作用及び動作の説明のために使用したタイミングチャートを示す図である。

【図 1 9】

第 2 の実施の形態の車線逸脱警報装置の制御コントローラによる走行状況監視処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 2 0】

前記第 2 の実施の形態の制御コントローラによる逸脱判定用閾値修正処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 2 1】

前記第 2 の実施の形態の制御コントローラによる逸脱予測時間設定処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 2 2】

第 2 の実施の形態において、作用及び動作の説明のために使用したタイミング



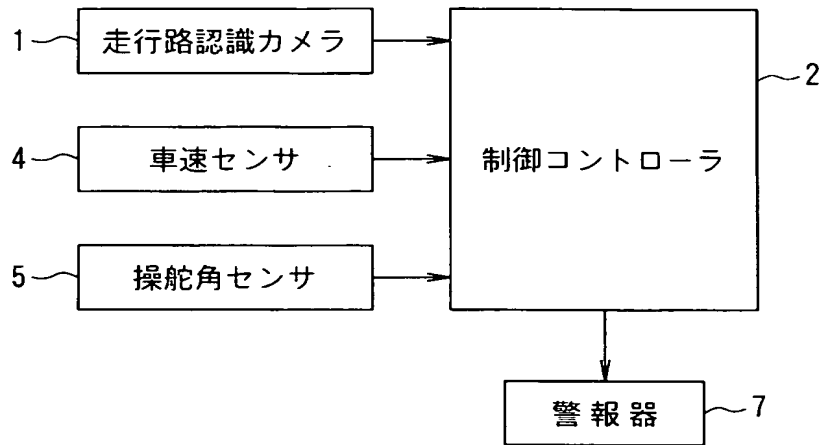
チャートを示す図である。

【符号の説明】

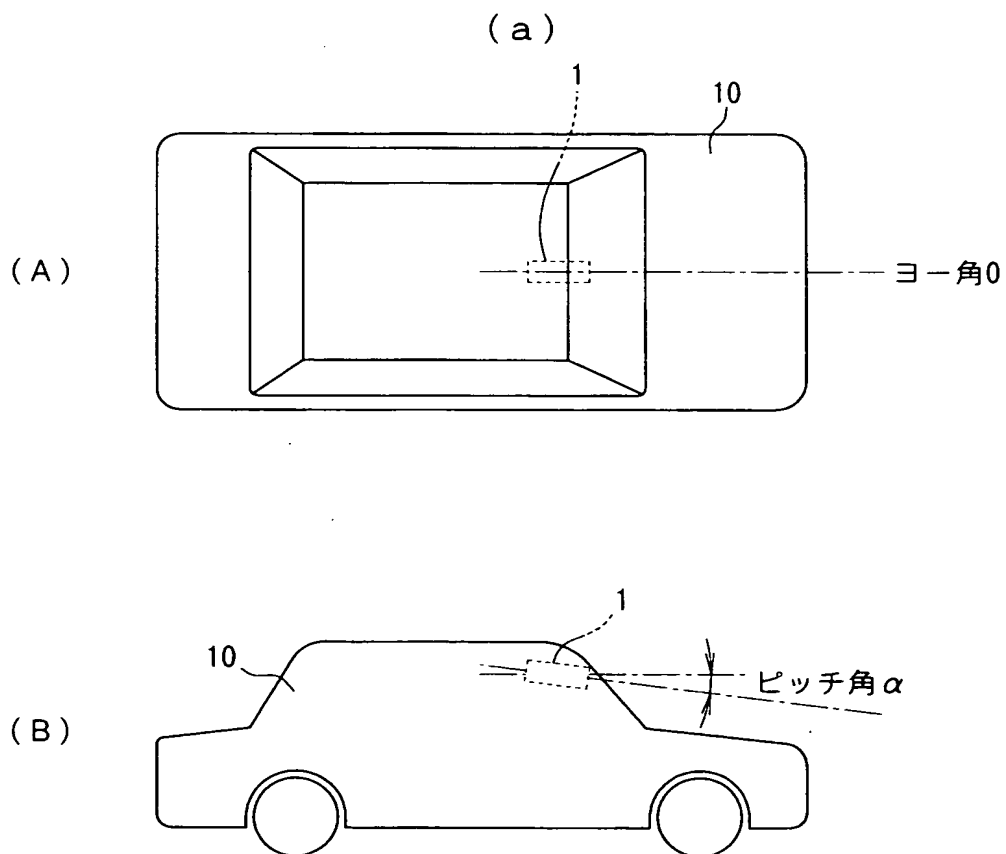
- 1 走行路認識カメラ
- 2 制御コントローラ
- 4 車速センサ
- 5 操舵角センサ
- 7 警報器

【書類名】 図面

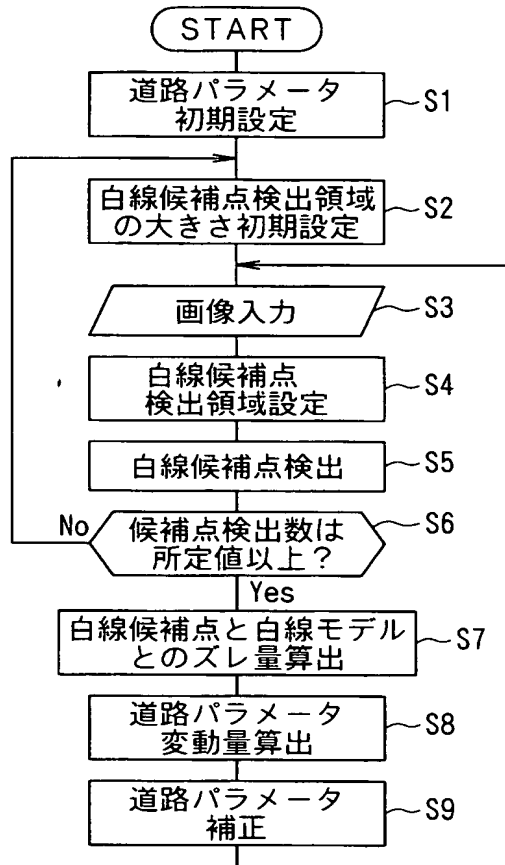
【図 1】



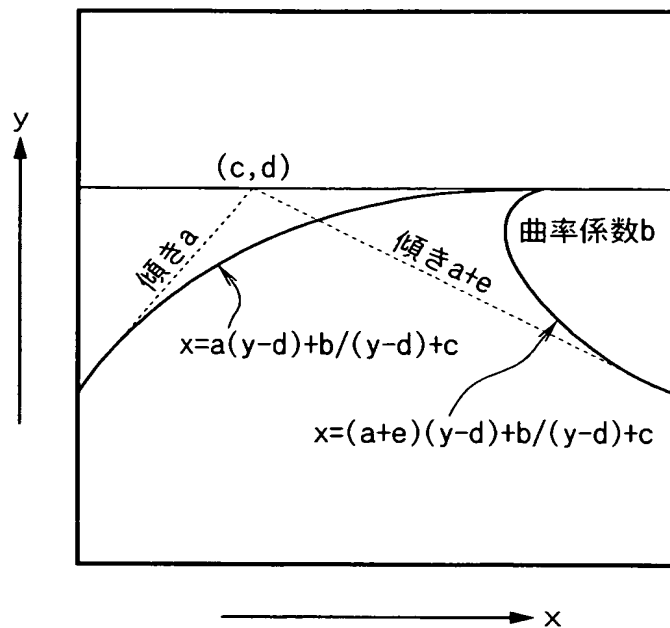
【図 2】



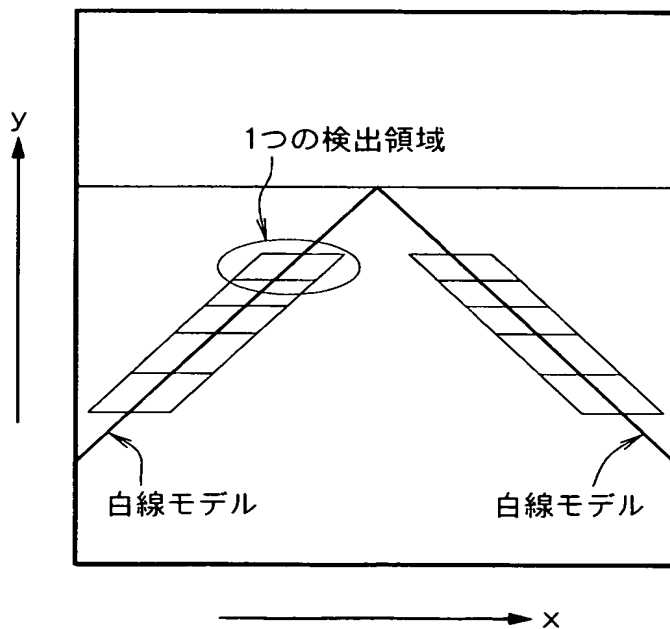
【図 3】



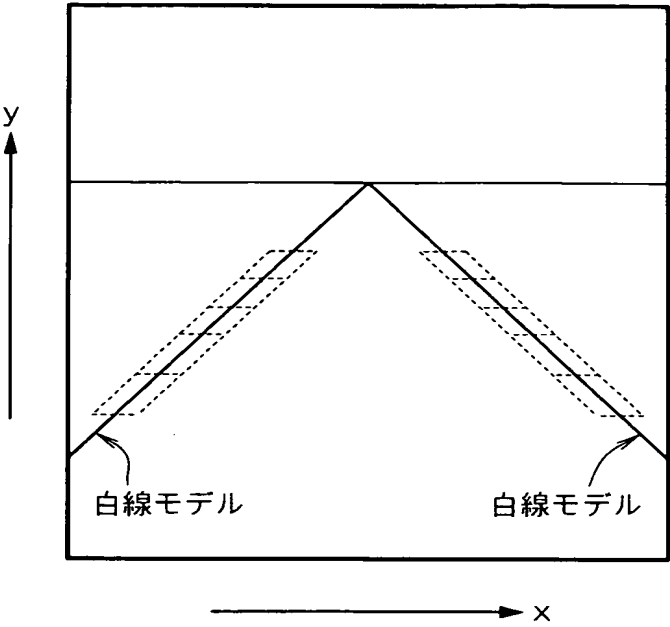
【図 4】



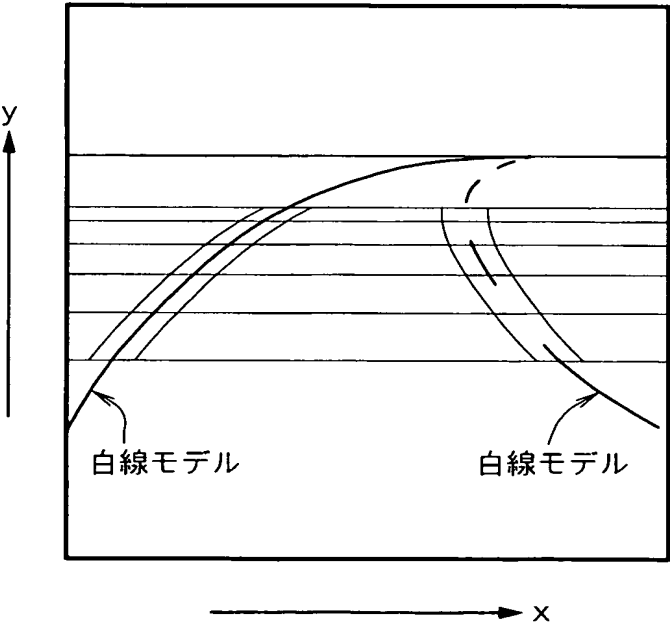
【図 5】



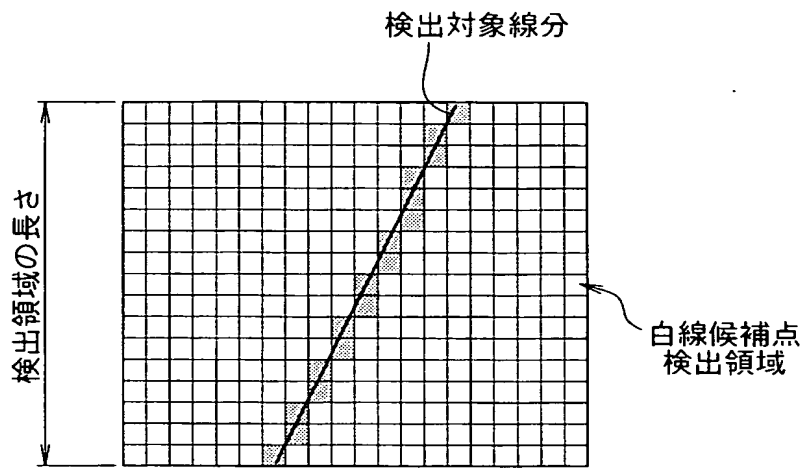
【図 6】



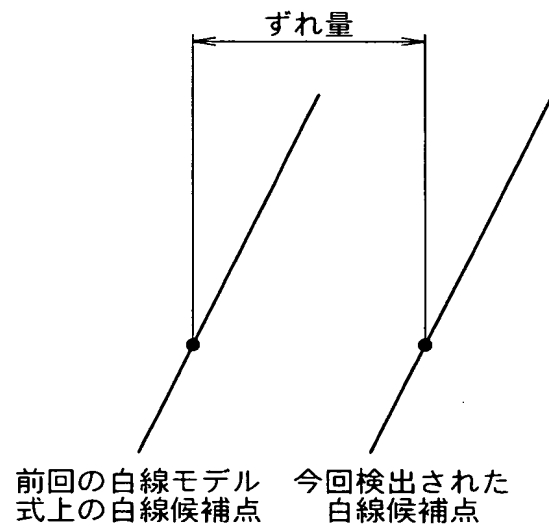
【図 7】



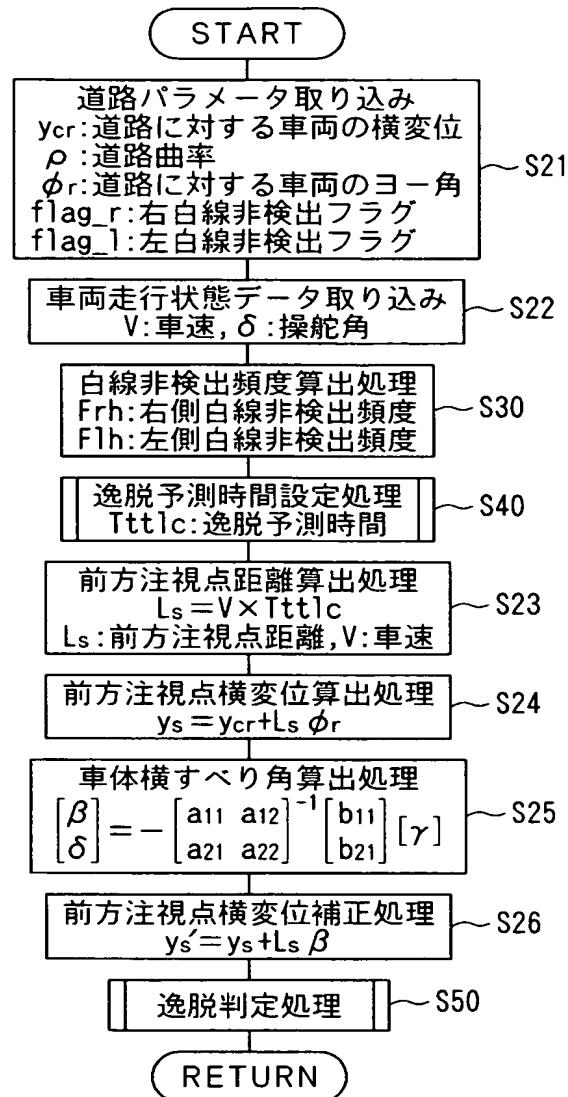
【図 8】



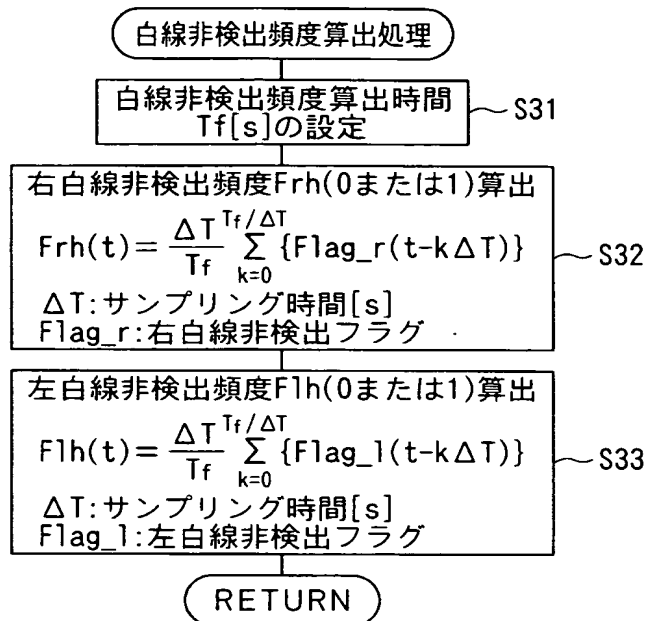
【図 9】



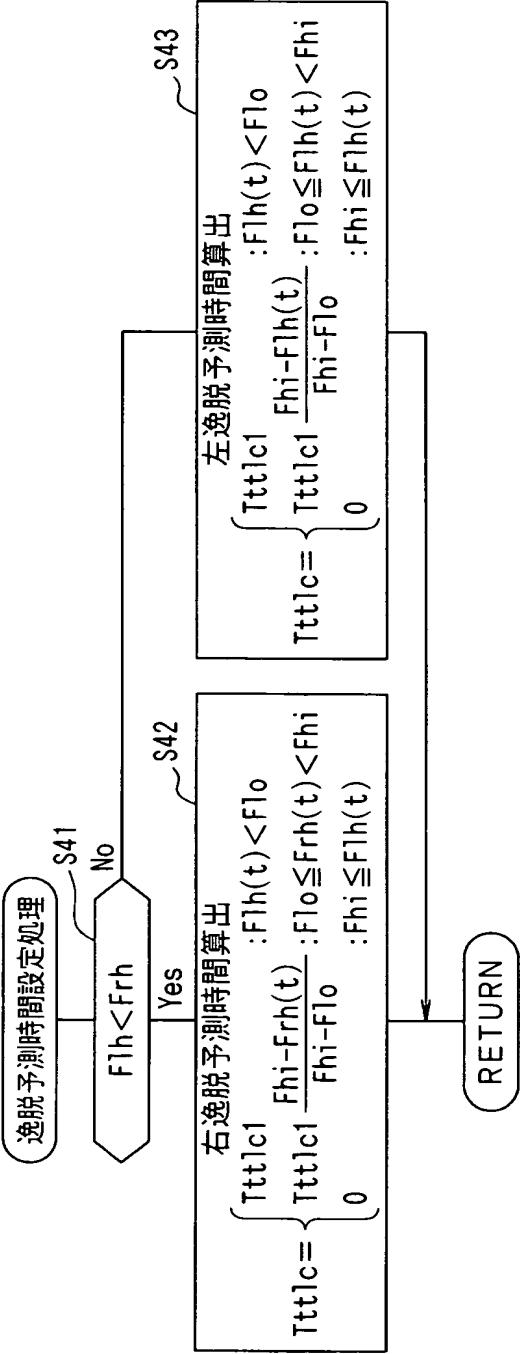
【図 10】



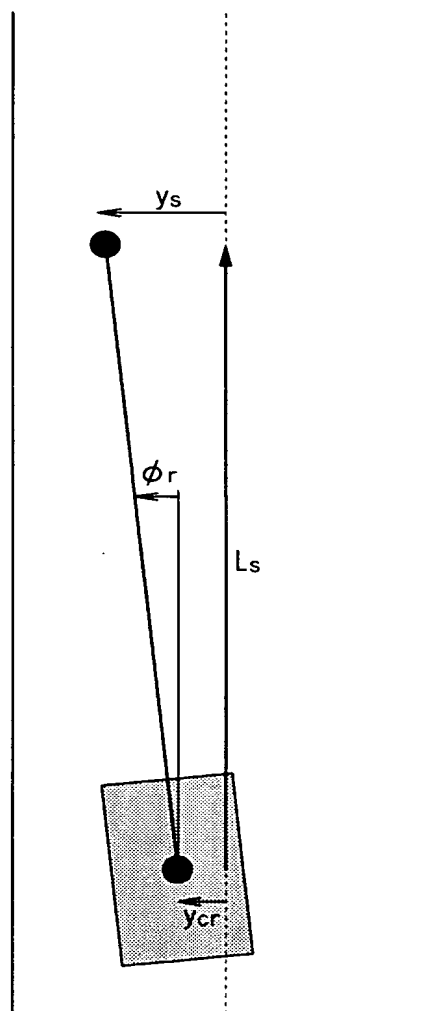
【図 11】



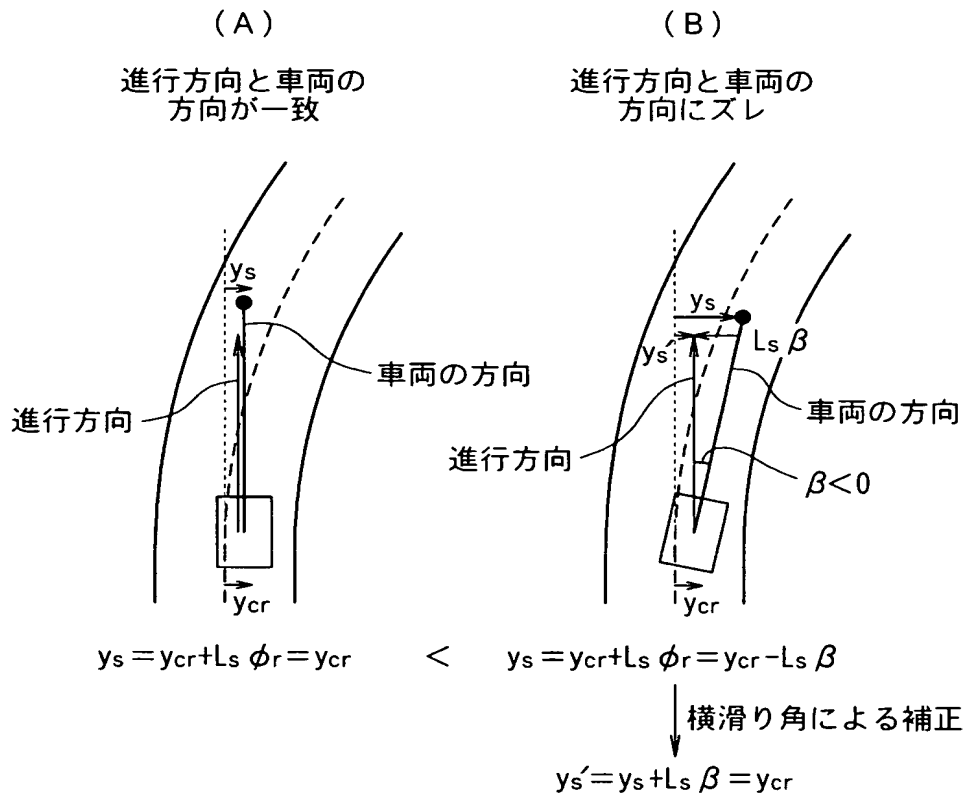
【図 12】



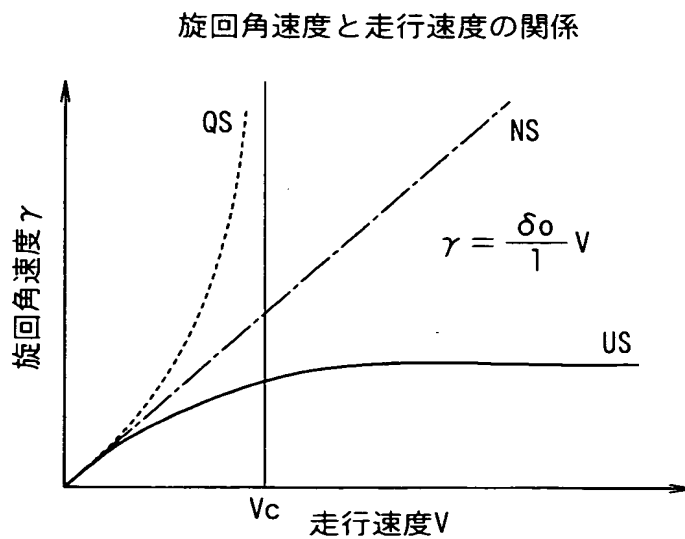
【図 13】



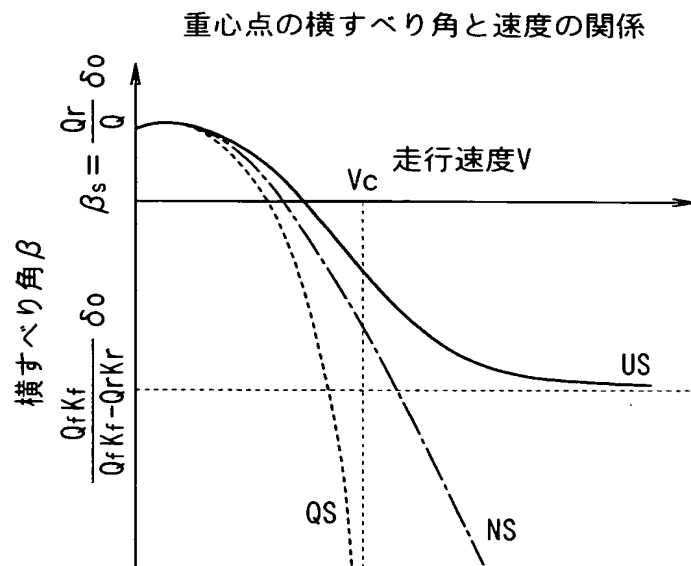
【図 14】



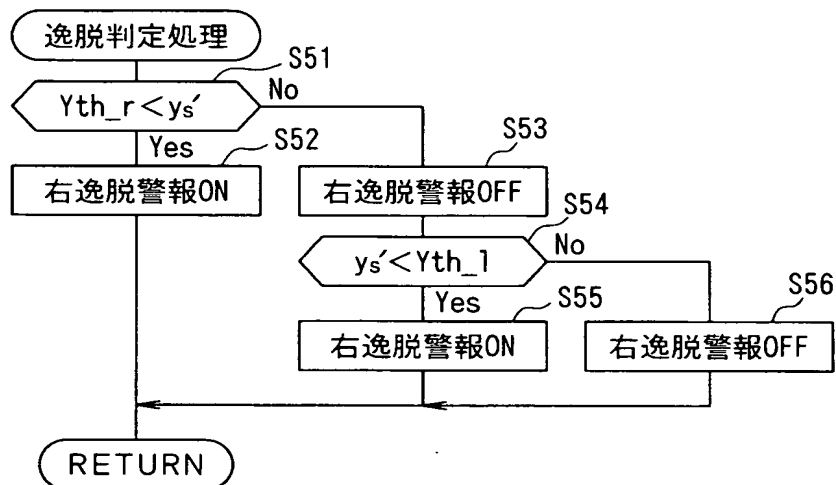
【図 15】



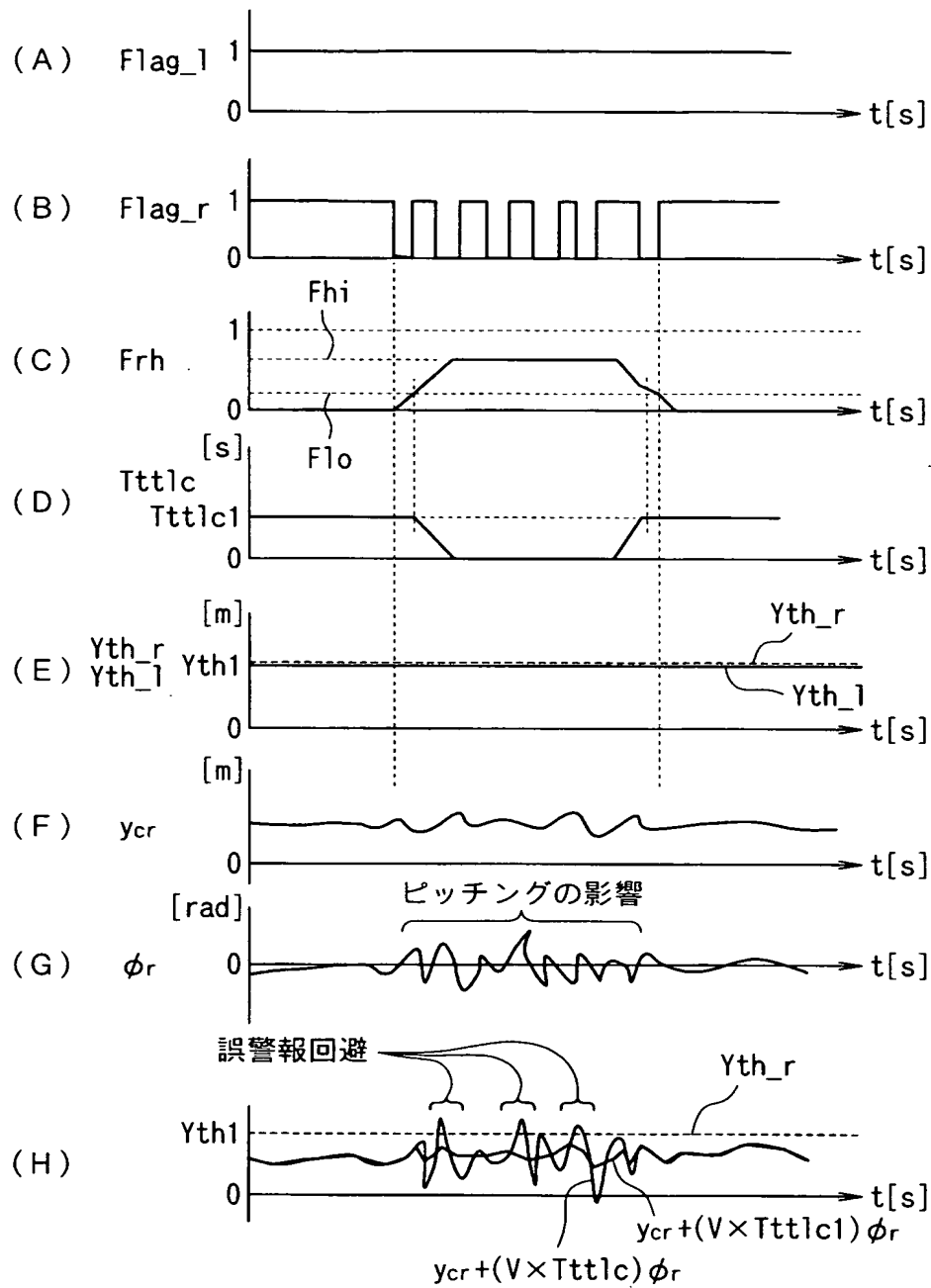
【図 16】



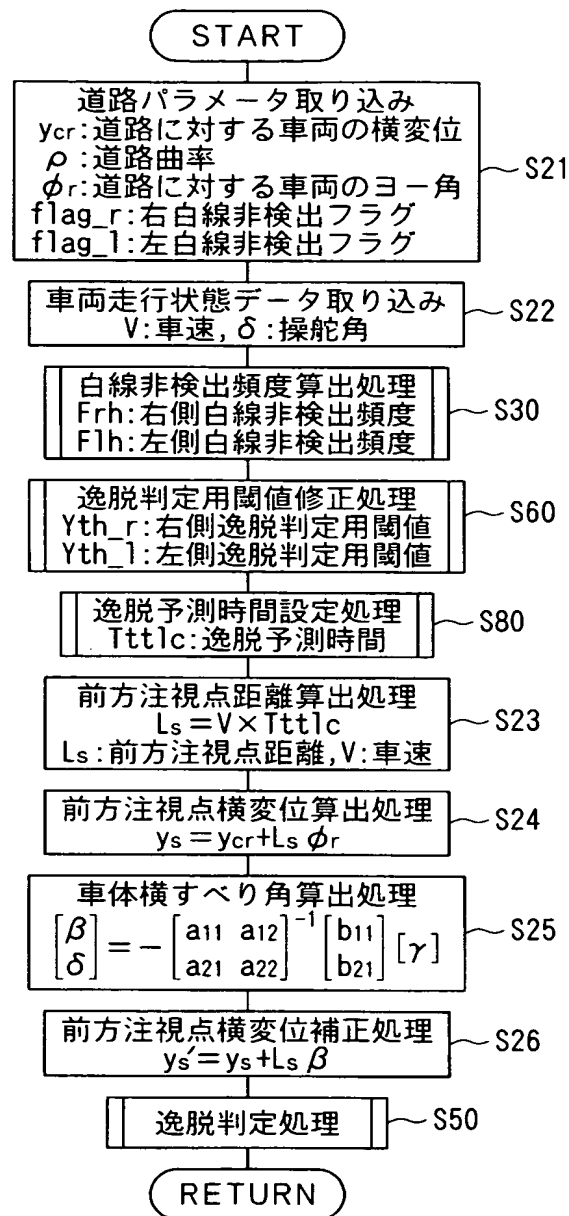
【図 17】



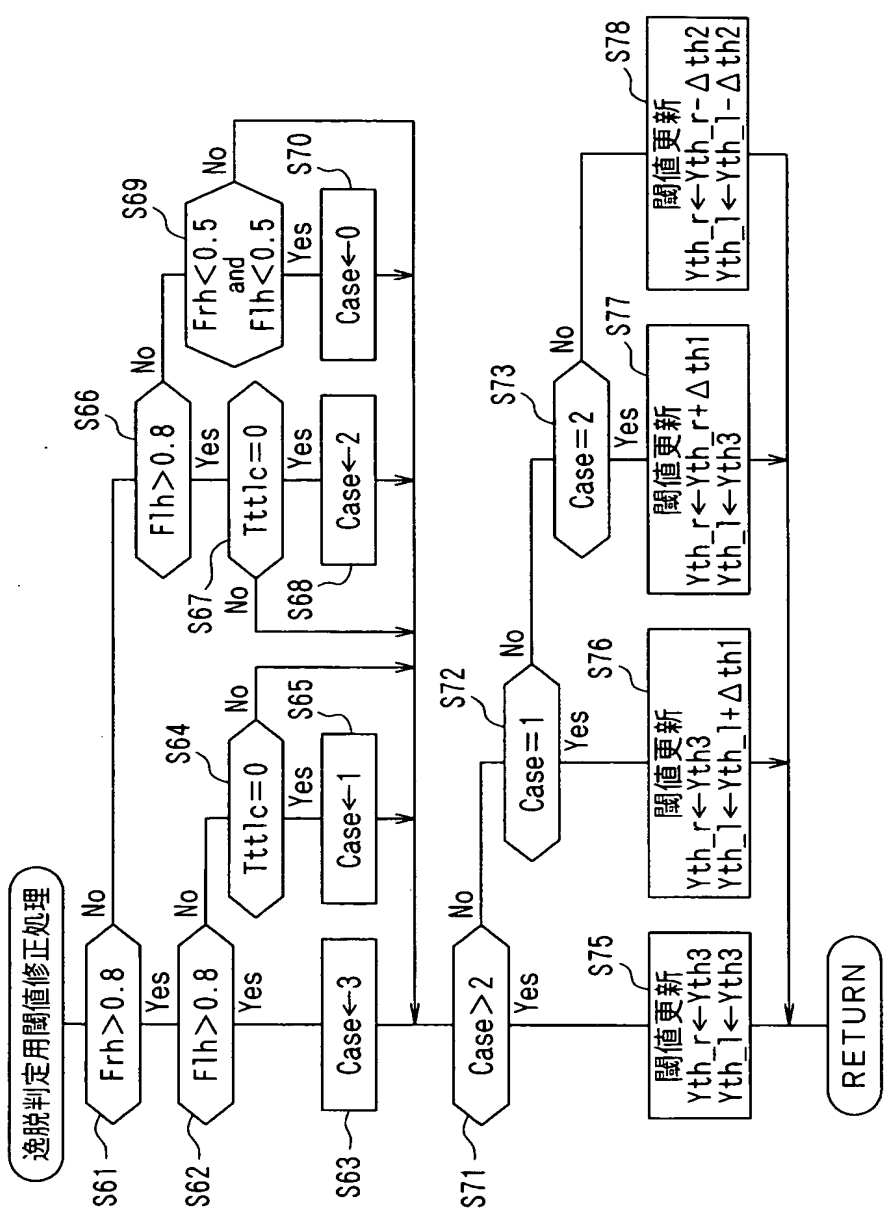
【図 18】



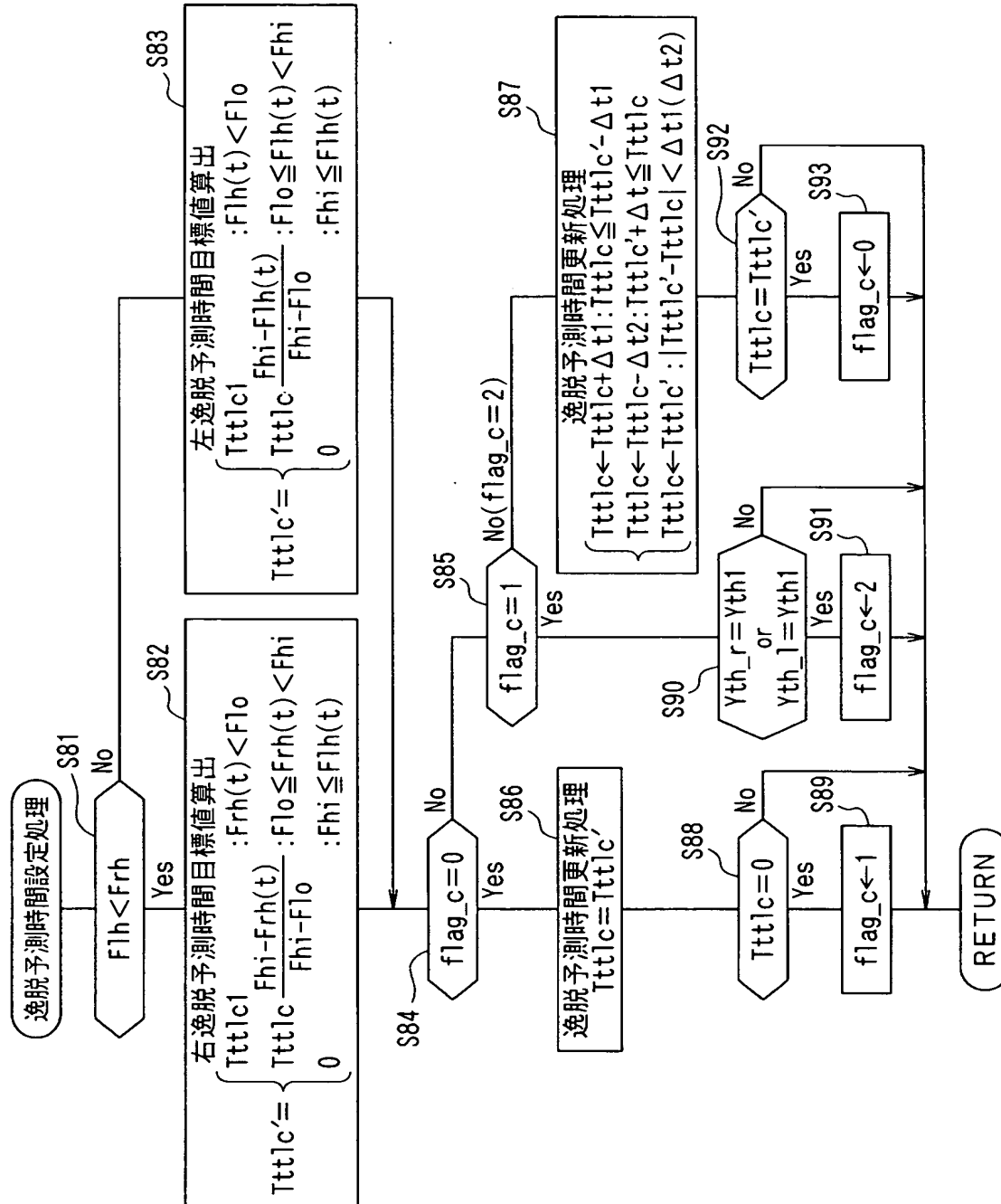
【図 19】



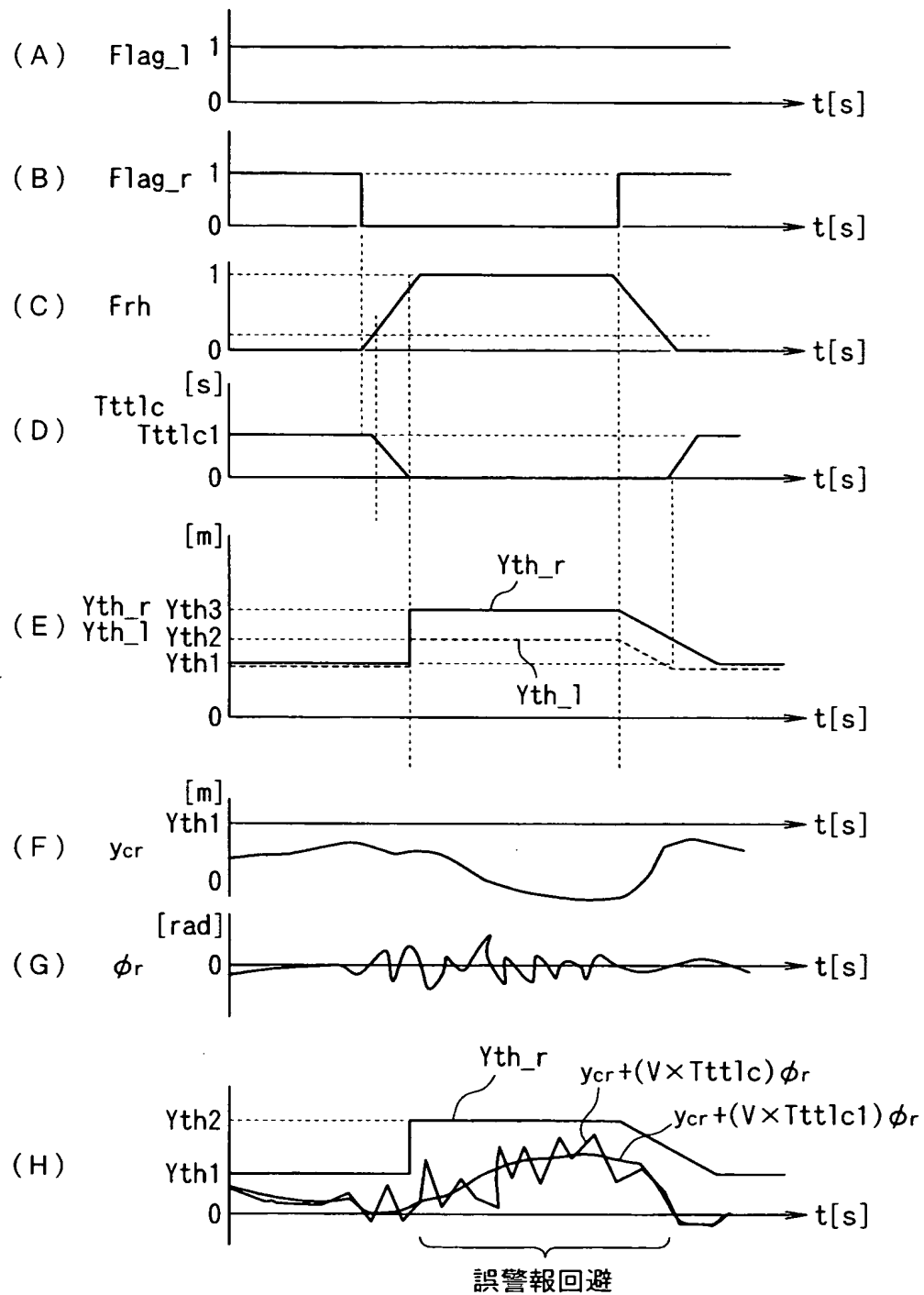
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 白線が片側だけしか検出できないような場合でも、誤警報の頻度を下げることができる。

【解決手段】 車線逸脱警報装置は、車速と所定の逸脱予測時間とを掛け算して、前方注視点位置を算出する前方注視点位置算出手段（ステップ S 2 3）と、ヨー角検出手段が検出したヨー角及び前方注視点位置算出手段が算出した前方注視点位置に基づいて、前方注視点位置での前方注視点横変位を算出する前方注視点横変位算出手段（ステップ S 2 4）と、前方注視点横変位補正手段が算出した前方注視点横変位に基づいて、自車両が車線逸脱傾向になるか否かを判定する車線逸脱傾向判定手段（ステップ S 5 0）と、自車線の両側の車線区分線のうちの片方の車線区分線しか検出できていない場合、前方注視点横変位の算出においてヨー角が及ぼす影響が小さくするように、逸脱予測時間を変更する前記判定基準変更手段（ステップ S 4 0）とを備える。

【選択図】 図 1 0

特願 2 0 0 3 - 0 6 5 4 2 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 9 9 7]

1. 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日
新規登録

住 所
氏 名

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地
日産自動車株式会社